自然资源学理原

北京大学地理教学丛书

蔡运龙/编著

科学出版社

北京大学地理教学丛书

自然资源学原理

蔡运龙 编著

科学出版社
2001

内 容 简 介

本书是《北京大学地理教学丛书》之一。本书围绕自然资源与人类发展的关系，系统地阐述了自然资源问题、自然资源的性质、资源生态、资源经济、资源管理和资源可持续利用的一系列基本原理。

本书可供地理学、地质学、生态学、环境科学与工程、管理学、农学等专业的高年级本科生和研究生作为教材，亦可供相关的研究人员和决策、管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

自然资源学原理/蔡运龙编著. －北京:科学出版社,2000
(北京大学地理教学丛书)
ISBN 7-03-008378-4

Ⅰ.自… Ⅱ.蔡… Ⅲ.自然资源－理论－高等学校－教材 Ⅳ.X37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 08588 号

科学出版社 出版
北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
丽源印刷厂 印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销
*
2000 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2001 年 4 月第二次印刷 印张:19 1/2
印数:3 001—6 000 字数:443 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《北京大学地理教学丛书》序

新世纪伊始，历史长卷展示出知识社会的端倪。知识成为社会生产力发展的“关键因素”。一个民族和国家的兴衰日益取决于知识生产、传播和应用。有着“爱国、进步、民主、科学”光荣传统的北京大学，与民族同命运、共荣辱，在21世纪中华民族伟大复兴中责无旁贷承担着知识生产、传播和应用的重任。

北京大学是整个中华民族的，也是世界的。社会共享北大智慧、北大服务社会需要。数年来，北京大学在出色完成教学科研任务的同时，更面向社会开班办学，以其博大的胸怀吸纳包容着各界有识之士，为社会培养了大批素质较高、业务出众的人才。

然而，对于社会广大求学若渴的人士来说，北大的开班办学仅仅是杯水车薪。这套丛书收集了北大城市与环境学系教学使用的部分自编教材，它凝结了教学相长的智慧。相信它的出版会使更多的人得以分享北大的才学知识，会有更多的人收益良多、自学成才，成为社会发展建设力量的中坚。这正是北京大学尽树人之责，担育人才之任所希望的、所期盼的。

杨开忠

2000年8月1日于燕园

前　　言

人口、资源、环境与发展是当今全球共同关注的几大问题，我国自然资源紧缺与人口众多的矛盾尤其突出，自然资源利用的可持续性已成为最紧迫的知识创新和素质教育内容。高等教育如果不把这样重大的现实问题和学术领域列入教学内容，就不能培养出符合时代需要的人才，甚至不能为社会输送合格的公民。为此，我国新的高等教育专业目录和课程设置已把自然资源学列为若干学科和专业的主要教学内容，北京大学也早就在有关专业必修课中开设了“自然资源学原理”课程。

社会实践要求对自然资源及其利用进行系统研究，自然资源学在实践的驱动下，已逐渐成为一门相对独立的学科。另一方面，科学的发展已进入一个新的综合时代，各学科针对新的实际问题逐渐交叉、汇合，形成一些新的前沿学科，自然资源学就是代表这种科学发展新趋势的学科之一。我国自然资源研究已有多年的科研积累，目前急需加快自然资源学的理论总结，以用于指导解决迫切的实际问题。本书就是在上述背景下应运而生的产物。

本书力图理论与实际相结合，适应社会需求，也反映学科进展。因此，本书编写中明确了以下目标：

1. 避免成为部门知识的简单集合，要结合实际着力阐述基本原理，注意加强理论深度；

2. 从单一学科视角论述自然资源的著作可称得上是汗牛充栋，而本书应该对有关的种种复杂问题有总体的把握，将各类自然资源及其利用看作一个统一的大系统，不拘泥于类型描述，而是从整体的高度、从有机联系的角度全面阐述相关知识和理论，以建立一个综合认识和研究自然资源的框架；

3. 以作者多年科研和教学积累作基础，又及时地介绍国内外最新的有关学术思想、研究动态和理论、方法。

书中所用素材，除自己几年来的学习和研究心得外，还大量引用了公开出版物（见书末参考文献），这里特向有关作者鞠躬致谢。另需要特别指出，第八章里采用了陈静生先生和我合著的一本书（尚未出版）中的有关内容，还采用了刘松同学在我指导下写的实习报告。本书的主要内容已作为北京大学校内教材被四届学生使用，他们对有关论题提出的挑战性问题、意见和建议，以及对有关内容的发挥，促进了本书理论框架、结构体系、表述方式和内容的改善。从这个意义上说，本书是集体劳动的产物。

编著者自知学力不足，现不惮丑陋，把这本书公诸于世，希望能起到抛砖引玉的作用。

蔡运龙

2000年2月2日

于京郊燕北园

目　录

第一章 自然资源问题

自然资源问题,简单说来就是自然资源稀缺。自然资源稀缺是随着人口数量、人类科学技术水平和生产力,以及人类生活质量等的发展而出现和变化的。当代世界人口已超过60亿,而且增长的势头仍然很猛;技术水平方面,虽然信息社会和知识经济已初见端倪,但发达国家仍处在工业社会阶段,广大发展中国家甚至还处在向工业社会过渡的阶段,自然资源仍然是人类社会生存和发展的物质基础,人类社会基本上还是与自然对抗、向自然界夺取的社会;就生活水平而言,占世界人口大多数的发展中国家人民仍然贫困,生活水平亟待提高。在这样的情况下,人们普遍认识到,当代社会人口膨胀、资源稀缺、环境恶化、发展受阻,已成为全世界共同的危机。

第一节 全球视野

如果说资源和环境问题在历史上就已出现,但毕竟是局部的。在当代社会,除局部性问题更加恶化以外,人类又面临全球性的困扰。世界环境与发展委员会1987年发表的著名报告《我们共同的未来》这样描述人类的变化:"我们这个星球正在经历一个惊人发展和重大变化的时期。我们这个拥有50亿人口的世界必须在有限的生存环境内为另一个人类世界留下生存空间。据联合国预测,全球人口将在下一个世纪的某个期间稳定在80—140亿之间……经济活动成倍增长,在下一个50年,全球经济将增长5—10倍。"

目前全球资源、环境正陷入困境,尽管自然资源消耗和废物产生的规模已经十分庞大,但许多穷国的工业化和经济发展仍未实现,他们需要拼命地从工业化和经济发展中取得利益。农业和工业发展的压力高速排挤着其他物种,使它们濒临灭绝;同时也明显地侵蚀我们这个星球的土壤、森林、水域,降低了地球的承载能力,改变了地球大气的质量。如果人口继续倍增,经济活动继续迅猛发展,这些压力只会有增无减。全球面临一系列重大的资源、环境问题,例如温室气体排放引起的全球增暖、平流层臭氧耗损、土地退化、淡水资源短缺、森林锐减和物种灭绝等。如何摆脱这些困境很可能决定我们这个星球在21世纪的前途。

1. 大气圈——全球共同的资源

地球大气犹如一层屏蔽,保护着我们的星球,使之免遭太阳紫外线直接辐射的损害;同时大气圈又作为一个巨大的热容体,维持着地球表层的温度。工业革命以来,大规模的化石燃料消耗等人类活动不断将各种气体排放入大气层中,已经明显地危及大气圈的上述两种功能。这些气体不仅破坏了屏蔽紫外线的臭氧层,而且加强了大气圈作为一个整体的吸热特性,造成一种温室效应,所以称为温室气体。

臭氧保护层一旦遭破坏，无疑将使进入地球表层的紫外线辐射增加，从而危及生态系统。如果目前的趋势继续下去，那么大气中温室气体的积累量在40年内将增加到工业化前的2倍；到21世纪后期，温室气体的排放量还要再翻一番。按照目前所建立的全球气候系统模型，对这种温室气体倍增的效应尚有争论，但最近的一致看法似乎是，温室气体增加一倍将使地表平均气温上升1.5—4.5℃，热带气温增加较少，而高纬度地区增温较多。这种气候变化足以明显地改变世界上大部分地区的降雨格局和气温模式，对农业和林业产生重大影响，实际上对一切生命都有影响。

全球变暖的具体影响在许多方面仍然是未知数，原因之一是目前用以模拟气候变化的计算机模型还不能可靠地预测区域变化。然而在今后50年中全球变暖的后果很可能包括如下方面：

海平面可能升高30—100 cm，同时伴随风、洋流、两极冰盖的冰雪积累、强风暴出现的频率等要素的变化；带病生物分布区的变化及其对人类健康的影响；降水分布的变化，将影响水资源的利用和农业产量；沼泽、森林和其他自然生态系统的变化，很可能导致更多的植物和动物物种的灭绝。

2. 世界人口趋势——对自然资源的压力

世界各国都认识到了人口问题的严重性并采取措施控制人口，因此大多数国家每个妇女的平均生育率不断下降。然而由于生育率超过死亡率，世界人口仍不能达到稳定。按照联合国人口处的预测，1990—2025年期间，世界人口将增加32亿，其中30亿将发生在非洲、亚洲和拉丁美洲的发展中国家；而在现在的发达国家，将只增加1.66亿人口。发展中国家近年来人口的迅速增长，已形成了年轻人占主导地位的人口结构。随着这些年轻人达到其生育年龄，人口无疑还将进一步增加。这一人口统计分布的势头使得全球人口更难稳定，这也意味着在今后几十年内自然资源和粮食供给的压力将会继续加剧。

世界人口的另一主要趋势是城市人口迅速增长。据估计，未来增加人口中的90%将是城市人口，这是大多数发展中国家必然要经历的城市化的结果。这一发展趋势必将加剧城市地区的供需矛盾以及提供基本服务设施和基础设施的困难。

由此看来，人口危机主要是发展中国家的事，"挣扎在生存边缘上的人们，必然把凡能找到的耕地、牧场和燃料都利用起来，而不顾对世界资源的影响。"实际上发达国家虽然人口增长率较低，但其每增加一个人所耗费的自然资源，远比第三世界每增加一个人所耗费的多。有人估计，若全世界人口都享有美国人的生活水平，那么在当前的生产力和技术水平下，地球所能供养的人口最多仅为10亿左右。因此，人口对世界自然资源的压力，并非仅仅是发展中国家的问题。

3. 粮食和农业

过去20多年中，发展中国家的粮食大幅度增产，这使60年代普遍流行的新马尔萨斯论一度销声匿迹。取得这一成就的原因是多方面的：种植面积扩大，选用高产新品种，化肥和农药的大量使用等等。然而这一成就的环境和资源代价也是明显的，而且这些代价在很长时期内是无法偿还的。目前世界农业所面临的挑战是，一方面要使农业增产，同时又要推行既在经济上合算又在资源和环境方面可接受的方法。

全球粮食和农业当前的主要趋势可以概括如下：

①全球谷物产量持续增加，但从 1983 年开始，增长速度已经放慢。绿色革命带来的收益可能已经到了极限，虽然还可指望进一步增产，但已不大可能达到过去 20 多年的增产水平。而且绿色革命的资源、环境代价已开始对农业生产显露出负效应。

②就人均产量而言，亚洲和发达国家较高，而其他地区尤其是非洲，人均产量很低。人均占有量也很不均衡。

③世界谷物的库存已降到 30 年代以来的最低水平。

④许多地区增加耕地面积的潜力已接近极限，按目前的人口预测，第三世界所有地区人均占有耕地将减少，供养日益增多的人口对农业用地的压力越来越大，而且面临土地普遍退化的威胁。

⑤在大多数地区，虽然营养不良人口的相对百分数可能下降（非洲除外），但绝对数量将增加。在相当一部分地区，温饱仍然是一个严重的问题；粮食分配不平等，穷人无法获得足够粮食，更加剧了这一问题。

未来世界人口的增长和人均消费需求的提高将使粮食和农业生产面临巨大的压力。有人作过计算，若要满足未来的全球人口的需求，必须生产出与农业历史上过去 8 000 年总产量相等的食物。未来的粮食和农业资源提供能够保证吗？根本问题有两个，一是人均耕地面积的进一步减少，二是全球气候变化对农业的影响。

在许多发展中国家，耕地已显不足。若一个国家的潜在可耕地有 70% 已在耕作中，通常就称这个国家"土地资源不足"。而在亚洲，估计目前已有 82% 的可耕地投入耕作生产。在拉丁美洲和撒哈拉以南的非洲，虽然可耕地还有很大的储备，但这些保留地中大部分土壤条件较差，或者降水很不可靠，或受其他自然条件如土壤结构、地形坡度、土壤酸碱度等的限制。扩大耕地往往还要牺牲草地、林地、湿地和其他土地，而这些土地一般都在经济上很有价值，或者在生态上比较脆弱，开垦为农地会付出很大代价。因此，扩大耕地的前景未可乐观。相反，随着城市用地的不断扩大，荒漠化、盐碱化、涝渍和土壤侵蚀不断毁损土地，耕地会变得越来越少。可是如前所说，人口还会有较大增加，因此人均耕地将会显著减少，预计到 2025 年，全球人均耕地面积将从目前的 0.37 hm^2 下降到 0.17 hm^2；在亚洲，则将降到 0.09 hm^2。

大气中二氧化碳含量增加，会使作物光合作用强度增加，因此有可能使农业增产。但温室气体增加的其他的后果，例如作为世界粮食主产区的广大中纬度地带降水量的减少，作物生长关键期土壤水分的亏缺，全球变暖促使作物病虫害增加等，将会抵消这种所谓"二氧化碳施肥"的效果，甚至会导致全球粮食产量的明显下降。

4. 生物资源

据国际环境与发展研究所（1987）的资料，在人类活动干扰以前，全世界有森林和林地 60 亿 hm^2，到 1954 年世界森林和林地面积减少为 40 亿 hm^2，其中温带森林减少了 32%—33%，热带森林减少了 15%—20%。中美洲森林由 1950 年的 1.15 亿 hm^2 减少到 1983 年的 0.71 亿 hm^2。非洲森林减少更快，从 1950 年的 9.01 亿 hm^2 减至 1983 年的 6.9亿 hm^2。近 30 年来，世界森林，特别是热带森林的减少速度明显加快，平均每年减少 80 万 hm^2（相当于一个奥地利的国土面积）。

滥伐热带森林的直接原因有三个，它们经常同时发生作用。第一，贫穷国家为了发展农业，安置穷人，不得不把森林变为耕地或种植园，以生产粮食满足食物需求，或生产橡胶、咖啡、可可、柚木等经济作物出口换取外汇。第二个原因是这些地区的人民需要直接出售木材赖以为生。森林消失的第三个原因是很多地区的人民对薪柴、饲料等的索取造成了严重的林地退化。

砍伐森林所损失的不仅是树木和这些树木为无数物种所提供的生长环境，并且造成土地的严重退化；而现在更为引起人们关注的是森林大面积消失对全球气候的影响。森林被砍伐后，从大气中吸收碳的能力就会丧失；而且林木燃烧、分解还会向大气排放大量二氧化碳。滥伐森林是大气二氧化碳人为增加中仅次于燃烧化石燃料的第二大根源。

据文献确证，过去5亿年中世界经历了五个重要的动植物灭绝时期，最近的一次事件是6 500万年前的恐龙绝种。目前世界正处在重要物种灭绝的又一个时期。与以往的物种灭绝归咎于气候、地质和其他自然现象不同，目前事件是由人为因素造成的，这些人为因素包括人类利用导致的生境急剧变换和退化，偶然或故意引进怪异的物种，过度获取动物和植物，污染环境，人类引起的全球气候变化，农业和林业的工业化，以及其他损害或破坏自然生态系统及其物种的活动。尤其是森林消失、土地退化及其他形式的环境退化大大加速了天然生境的损失和物种的灭绝，这种破坏程度是6 500万年以来地球上从未有过的，一个宇宙中很可能是独一无二的生命支持系统历经亿万年演化才形成的生物多样性正在丧失。

在以前每次物种灭绝事件后，需要1 000万年或更长的时间物种数量才能恢复到有关事件前的多样性水平。所以目前对物种灭绝的趋势如果继续不加以制止，也许在人类后代子孙生存期内，人类活动造成生物多样性减少的影响将是无法弥补的。

世界森林的不断减少直接导致生物多样性的消失和物种灭绝。据估计，地球上曾经有5亿个物种，目前尚有500万—1 000万个物种。在1990年，约12%的哺乳动物物种和11%的鸟类物种被划入受威胁之列。其他群体——例如爬行动物、两栖动物、鱼类和昆虫受威胁的物种比例较小，极可能反映了人们对这类群体可获得的信息不完全。

目前热带生境破坏的趋势预测表明，在1975—2015年间，世界物种每10年将灭绝1%—11%。一种中度的预测认为，如果目前的森林砍伐继续下去，今后25年中4%—8%的郁闭热带森林中物种将绝灭。如果砍伐率升级或物种丰富地区的生境减少，这一数字可能会更大。

世界自然资源保护联合会的一项1 600年以来动物绝灭分析发现，已知其原因的动物绝灭有39%是由于物种的引进，36%由于生境的破坏，23%由于狩猎和有意捕杀。尽管这项分析集中于岛屿的物种，这些原因尤其是物种引进和生境破坏，一般被认为是任何地区生物多样性的主要威胁。

物种灭绝的记载实际上还低估了物种丧失的形势，这至少有三个原因。第一，这些数字仅代表已知的物种绝灭。根据对哺乳动物和鸟类的不完全认识，几乎可以确定有些已消失的物种从来就未被描述过。第二，这些数字没有包括过去几十年的物种绝灭。根据国际公认的标准，一个物种只有在消失50年之后才能被划入绝灭范围内。第三，许多热带地区——大多数物种的发现地，生物生境和种群的大范围破坏是近期才发生的。受到影响的种群可能继续存活几代，但当它们的数量降低到可以从干旱、疾病、被其他动物的

捕食和其他稀有现象中振作起来的最低点之下时,就注定要绝灭。据估计,从长远看,一个物种必须至少有几千个个体,其种群才能在这些现象发生后长期幸存;虽然这个数字(可以生存下去的种群的最小规模)由于物种的不同而不同。

生物多样性被破坏,特别是热带雨林植被的被大量破坏,除使人类失去宝贵的生物资源和生态功能外,还将大大改变碳、氮等营养元素和微量元素的源、汇分布,使营养元素和微量元素在地球系统中的循环遭到破坏,从而给自然生态系统和人类社会带来巨大影响。

生物多样性是地球上全部生命形式组成的宝贵资源,既包括野生的,也包括人工驯化的。生物多样性减少的代价的确是昂贵的,除了一些物种的直接经济价值永远消失以外,生物多样性所提供的、人类社会赖以存在的各种"生态服务"也在逐渐丧失。因此,保护生物多样性刻不容缓。此外,从伦理上看,生命的所有形式都应受到尊重,人类必须考虑其他物种的健康。但最重要的或许是,科学正在不断地发现生物多样性能够缓和人类面临的许多困境和环境的破坏。

5. 能源与矿物原料

世界能源利用一直呈螺旋上升的趋势,化石燃料消费的增长率在 1986 年是 2.4%,1987 年是 3.1%,而 1988 年达到 3.7%,以后的每年都在加速。若以世界储量寿命指数(即当前探明储量与年产量之比)来衡量化石燃料的可利用期限,那么石油为 41 年,天然气是 58 年,煤是 218 年。化石燃料消耗量的持续增长将引发一系列的经济和环境问题。与此同时,薪柴——穷人的"石油",预计将比今天更难获取,这意味着贫困地区满足基本生活需要的燃料将更紧缺,被砍伐的森林面积将进一步扩大,更多的畜粪和作物秸秆将用于炊事而不是用作有机肥。以上预测未考虑日益增加的全球变暖效应,也未考虑目前正在积极寻求制定国际协定的种种可能性,这些国际协定企图稳定甚至减少二氧化碳的排放量,由此而降低化石燃料的消耗量。

对最主要非燃料矿物的需求量和消费量,预计未来每年增加 3%—5%。就世界储量寿命指数来看,铝是 224 年,铜是 41 年,铅是 22 年,汞也是 22 年、镍是 65 年,锡是 21 年,锌也是 21 年,铁矿是 167 年。可见很多主要矿物资源不久即将枯竭。

6. 水资源

在一些地区,水资源的数量已感不足。虽然在全球范围内,水基本上是一种可更新的资源,但一些流域中被引走的淡水量已接近可更新供应的数量,而从某些地下含水层抽取的水量超过了天然补给量。随着人口的增加,农业、工业和城市用水的数量也要增加,预计今后取水量的年增长率为 2%—3%。目前人类每年从自然界取走的 3 500 km^3 淡水中,约 2 100 km^3 用于消耗(例如灌溉系统和工业冷却塔的蒸发),余下的 1 400 km^3 变成废水又回归到河流和其他水体中,并常常是处于被污染的状况。

这就带来了水资源的另一大问题,即水污染。其主要来源:一是不断扩展的城市化造成的生活污水;二是工业生产过程中不断产生的废水;三是现代农业中大量使用化肥、农药所造成的化学物质径流,特别是氮肥,是产生所有水质问题中最广泛、最严重的问题之一。此外,农业灌溉使一些河流的含盐量增加,土壤侵蚀导致河道淤积等等。所有这些水污染问题,不仅导致可利用水资源的减少,而且还严重地影响自然界生态系统,例如造成

水域富营养化,导致有害元素通过水生生物食物链的积累。

全球变暖很可能通过水文循环对水的流动,进而对淡水资源产生重大影响。就全球而言,较暖的气候将导致海洋蒸发的增加,因此可能增加河川径流和淡水资源;但各区域的变化将是非常不同和非常不确定的。据大气环流模型预测,全球表面大气温度平均每增加 0.5℃,大气年降水将增加 10%之多。但据分析,降水很可能主要在北半球大陆的高纬度地区和全球低纬度地带增加,而中纬度地区将减少。因此,温度升高和降水减少将使北半球农业生产高度发达、集中了全世界大部分人口和城市的广大地区土壤水分和河川径流减少,水资源进一步紧张。

7. 海洋和海岸带资源

自 1950 年以来,世界海洋和淡水鱼类的总捕获量增加了近 4 倍,由 1 980 万 t 增加到 1988 年的 9 740 万 t。其中海洋鱼获量由 1 760 万 t 上升到 8 400 万 t,世界捕鱼量的绝大部分是在海洋中获得的。世界海洋和淡水渔场的捕获量正在接近可持续产量的极限,联合国粮农组织曾估计这个极限为每年 1 亿 t。当渔场接近这个极限时,诸如富营养化作用、化学制品污染和养育场所的破坏等环境压力,将对其资源的生产力产生越来越大的影响。巨大的捕鱼压力和污染相交织的恶果已经在某些海域出现。一些处于重捕区和污染区的渔场,其捕捞量正在不断下降。四分之一的海洋渔场捕捞量已超过可维持再生产的资源量。

海岸带富营养化作用是全球普遍的现象,并且正在加剧。在富营养化过程中,过分丰富的养分(主要是氮和磷)引起藻类和其他水生植物迅速生长,当这些生物死亡时,分解出来的细菌要大量消耗水中的氧,导致鱼类和其他海洋生物大量死亡。养分来源主要是陆地的废物,特别是污水。此外,海洋中被抛弃的鱼网、海滩上的废弃物、石油在海洋运输过程中的溢漏以及钻井平台事故的泄漏等,都导致海洋生物的灭绝和其他海洋资源的破坏。

因全球变暖而使海水膨胀并使高山冰川和极地冰原融化,这将加速最近 100 年来一直在继续的海面上升。如果在下一个 100 年内全球海平面平均上升 100cm,则将淹没由现在海岸线向内陆推进到 20 km 远的土地,并严重影响世界上人口最稠密的大河三角洲地区,位置低下的一些岛国也将受到威胁。在过去几十年里,世界上约 70%的砂质海岸已经受到侵蚀。海面上升肯定会加剧这种损失,这对世界上极有经济价值、高度发达的海边胜地尤其重要。此外,可以预料,一个较高的海面将使风暴潮加剧,使陆地排水受阻,使海水倒灌强化,使沿海洪水泛滥增加。

第二节　中国态势

从国家尺度上看,各国的情况大相径庭,所面临的自然资源问题也不一样。美国、加拿大、澳大利亚、俄罗斯这样的资源大国,人口相对较少,经济较发达,资源问题不是那么危急;而我国和许多发展中国家情况相反,资源问题比较严重。

一、我国自然资源的基本特点

1. 自然资源总量大，类型齐全

我国陆地面积960万km^2，居世界第三位；耕地面积约20亿亩[①]，居世界第四位；森林面积18.7亿亩，居世界第六位；草地约60亿亩，居世界第二位；地表水资源26 000亿m^3，居世界第六位；按45种主要矿物资源的潜在价值计算，居世界第三位；水能、太阳能、煤炭资源分别居世界第一、第二、第三位。我国是世界上少数几个资源大国之一。

我国地形多样，气候复杂，形成多种多样的可更新自然资源，我国生物多样性居世界前列。我国是世界上植物种类最丰富的国家之一，所有种数仅次于马来西亚和巴西。据统计，我国现有种子植物约301科、2 980属、24 500多种。其中，被子植物有291科、约2 940属、24 300多种，相当于全世界被子植物科数的53.3%、属数的23.6%、种数的10.8%，在世界上现存的裸子植物中，我国除南洋杉外都有分布。我国的陆栖脊椎动物约有2 000多种，约占全世界总数的10%。在我国所产的2 000多种陆栖脊椎动物中，有不少种类为我国所特有，或主要产于我国，如鸟类中的丹顶鹤、马鸡，兽类中的金丝猴、羚牛。还有一些属于第四纪冰期后残留的孑遗种类，如大熊猫、野马、双峰驼，而产于长江下游一带的白暨豚是世界仅有的两种淡水鲸类之一。两栖类中的大鲵、爬行类中的扬子鳄，都是举世闻名的珍贵种类。

迄1995年，我国已发现矿产168种、矿产地(点)20万处，已探明储量的151种，其中有20多种矿产储量居世界前列。有10种矿产(钨、铋、锑、钛、稀土、硫铁矿、砷、石棉、石膏、石墨)居世界首位；有13种矿产(锌、钴、锡、钼、汞、钡、钽、锂、煤、菱铁矿、萤石、磷矿、重晶石)居世界第二或第三位。据有关部门对45种矿产探明储量的潜在价值所作的估算，我国有130 000亿美元，仅次于俄罗斯(250 000亿美元)和美国(220 000亿美元)。我国还是世界上少数几个矿种配套较为齐全、资源自给程度较高的国家之一。

一国的经济发展规模在很大程度上取决于该国的自然资源总量和类型。目前除日本外，世界上的经济大国都是自然资源大国。自然资源总量大、类型多是我国综合国力的重要方面，表明我国有较大的综合开发利用优势。

2. 人均资源量少

我国各类资源人均占有量都低于世界平均水平。我国人均值与世界平均水平的比值，矿产资源是二分之一，土地资源为三分之一，森林资源是六分之一，草地资源是三分之一。尤其是耕地和水资源，前者我国人均1.6亩，约为世界平均水平的三分之一；后者我国人均2 600m^3，是世界平均水平11 000m^3的四分之一。水土资源是难以增加也无法从国外进口的，它们已成为我国的稀缺资源。我国稀缺的耕地资源不仅人均数量少，而且后备资源也不足，据查净面积只有一亿多亩。与人口大国印度相比，其不仅耕地总面积(约25亿亩)和人均占有量(约3亩)皆大于我国，而且还有后备耕地资源15亿亩，远比我国丰富。我国主要自然资源的人均占有水平低，并将继续降低，这一难以改变的事实表明我

① 1亩=666.6m^2。

国人口对资源的压力过大。

3. 资源空间分布不均衡,资源组合结构不匹配

我国自然资源分布的东西差异极其明显,南北资源组合的差异也很大。耕地资源、森林资源、水资源的90%以上集中分布在东半部,而能源、矿产等地下资源和天然草地相对集中于西部。长江以北平原广,耕地多,占全国总量的63.9%,但水资源少,仅占全国总量的17.2%;而长江以南则相反,山地面积大,耕地面积少,仅占全国耕地总量的36.1%,但水资源丰沛,占全国总量的82.8%。长江以北煤炭占全国的90%,仅山西、内蒙古、新疆、陕西、宁夏五省(区)就占全国总储量的70%;而长江以南则严重缺乏能源。磷矿绝大部分储量集中分布在西南,铝土矿集中分布在华北、西南。

4. 资源质量不一

在地表资源方面,我国耕地质量不够好,一等耕地约占40%,中下等地和有限制因素的地占60%;草地资源主要分布在半干旱、干旱地区与山区,资源质量较差;有林地资源则较好,一等有林地约占65%。

在地下矿产资源方面,除煤炭以外,多数矿产资源贫矿多而富矿少,共生矿多而单一矿少,中小型矿多而大型矿少。在铁矿的保有储量中含铁量大于80%的富矿只占总储量的7.1%,90%以上为贫矿。在能源中,优质能源石油、天然气只占探明能源储量的20%。我国有些矿种虽然储量大,但矿石品位低、杂质多、产地分散,开发难度大。有的矿种计算储量的标准较低,如富铁矿石以含铁量30%为标准,而很多国家要大于50%才算富铁矿石。因此与国外相比,我国实际储量还要低,开发难度更大。

二、我国面临自然资源稀缺的挑战

1. 粮食安全

人口数量的增长是粮食需求增加的重要因素。我国人口基数已经很大,今后20—30年内还将保持较高的增长速度,对粮食的需求将持续增长。但增加粮食供给的前景并不乐观,这是由于增加粮食生产受到严重限制。第一,随着社会经济的发展,耕地不可避免地还要继续被占用,而我国后备耕地资源不足,因此耕地面积逐年下降。再加上人口增加的因素,人均耕地减少的趋势更加明显。第二,水资源不足,尤其是土地增产潜力较大的北方地区水资源紧缺,成为粮食增产的严重限制因素。第三,化肥投入的报酬递减趋势已经出现,今后靠化肥提高粮食生产的潜力有限。因此,我国将长期面临粮食安全的挑战。

据估计,我国历史上人均耕地最多时(1724年)曾达到31亩,本世纪最高水平也曾为3.53亩(1910年),随着人口的不断增长,人均占有耕地面积不断下降(图1-1)。尤其是1985—1995年10年间,我国因各种非农建设、农业结构调整及灾害毁损累计减少耕地10 215.8万亩,同期开发复垦耕地7 366.5万亩,净减2 899.3万亩,平均每年减少289.9万亩[①]。

---

① 1986—1995年间,统计的非农业建设占用耕地为2 960万亩。由于土地管理体制和统计口径原因,这个数字远远低于实际占用的耕地面积。据对一些省抽样和典型调查,非农业建设实际占用耕地数一般是统计数的2.5倍左右。

另一方面，人口在不断增加，致使我国目前人均耕地按统计数据仅为1.19亩，按详查数据是1.6亩，大大低于世界平均水平(4.17亩)，更低于加拿大(26亩)、美国(11.43亩)，甚至低于印度(2.97亩)。我国各地人均耕地不足1亩的有3个直辖市和南方4个省，全国已有666个县人均耕地低于0.8亩，其中有463个县低于0.5亩。

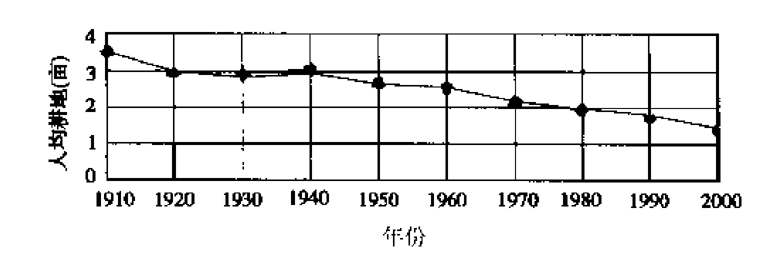


图1-1　我国人均耕地的历史变化

我国每公顷耕地占有径流量为28 320m^3，合每亩1 888m^3，仅为世界平均水平的80%。北方耕地面积占全国总量的五分之三，而水资源仅占五分之一；南方耕地面积占全国的五分之二，水资源却占五分之四。每公顷耕地拥有的水量，南方为28 695m^3，北方为9 465m^3，前者是后者的3倍。从大区看每公顷耕地的水资源量，最多的西南区是92 292m^3，最少的华北区是5 626m^3，前者是后者的16倍多。华北区目前的水资源利用程度已超过70%，可见进一步利用的潜力也有限。水资源不足成为华北地区提高耕地生产力的主要制约因素。此外，我国约5亿亩可耕荒地主要集中在东北尤其是西北，受水资源的制约，开垦难度较大。

随着农业技术和投入的增加，我国粮食单位面积产量有了极大提高，尤其是化肥投入对粮食增产的贡献很大。但化肥投入的报酬递减趋势已经出现(表1-1)，今后靠增加化肥投入提高粮食生产的潜力有限。

表1-1　中国化肥投入与粮食产量的关系

年份	粮食产量(kg/hm^2)	化肥投入(kg/hm^2)	粮食产量/化肥投入
1952	1 320	3	440
1957	1 463	16	93
1960	1 170	30	39
1966	1 770	122	15
1970	2 010	156	13
1975	2 348	266	9
1979	2 783	527	5.3
1985	3 480	736	4.7

资料来源：中国农业年鉴编辑委员会．中国农业年鉴：1980—1987．中国农业出版社，1988。

2．矿产资源短缺的危机

我国矿产资源的人均占有量不到世界人均水平的一半，居世界第80位，而且后备探明储量不足，矿产资源短缺的形势将日趋严峻。

我国煤炭资源丰富，但煤炭储量的地域分布极不平衡，煤炭运距不断增加，成为煤炭

供给的一大限制因素。石油、天然气资源探明储量有限，且近期还看不出大量增加探明储量的可能性。水电、核电成本昂贵，很难大量开发。我国主要矿产品已经供不应求，铁矿、锰矿、铬矿的进口量逐年上升，铜、铝、铅、锌、锡等有色金属也早就开始进口，近年来矿产品进出口的逆差都在31亿美元以上。可以说，我国已成为矿产资源进口大国，是世界上最大的钢材、有色金属和矿物化肥进口国之一。预计在21世纪初，我国现有铁矿的生产能力将消失10%—20%，铜、铅、锌的生产能力将消失40%。如果地质勘探无重大突破，则45种主要矿产中有一半在21世纪初不能满足需要；到2020年，绝大多数矿产的探明储量均不能满足需要，我国矿产资源将出现全面紧张的局面。

由于矿产资源紧缺，导致能源、钢铁、有色金属、化工等原材料供给紧张，许多工厂开工不足，使四分之一的生产能力得不到发挥，损失的潜在工业产值4 000亿元。我国生产1美元产值所消耗的能源是印度的2.3倍，韩国的2.1倍，日本的5倍，法国的4.74倍；每生产1美元产值所消耗的钢材是韩国的3.4倍，日本的2.32倍，法国的3.71倍，美国的2.5倍。我国能源和矿产资源消耗率高，加剧了矿产资源的危机。

3. 生物多样性减少

我国生态系统多样性受破坏的形式主要表现为森林减少、草原退化、土地退化、水域缩小和恶化、自然灾害加剧等，这里主要陈述我国物种和遗传多样性所受的威胁。

虽然我国具有高度丰富的物种多样性，但由于人口的快速增长和经济的高度发展，增大了对资源及环境的需求，这种极大的压力致使许多动物和植物濒临灭绝。据近年来的初步统计，大约有398种脊椎动物濒危，占我国脊椎动物总数的7.7%；有1 009种高等植物濒危，占全国高等植物种数的3.4%（表1-2）。

表1-2 我国主要生物类群种数及濒危物种数

类群	物种总数	濒危物种数	濒危物种比率(%)
脊椎动物			
哺乳类	499	94	18.8
鸟类	1 186	183	15.4
爬行类	376	17	4.5
两栖类	279	7	2.5
鱼类	2 804	97	3.5
小计	5 144	398	7.7
高等植物			
苔藓植物	2 200	28	1.3
蕨类植物	2 600	80	3.1
裸子植物	200	75	37.5
被子植物	25 000	826	3.3
小计	30 000	1 009	3.4
合计	35 144	1 431	4.1

资料来源：中国自然保护纲要编写委员会，中国自然保护纲要，中国环境科学出版社，1987年。

导致我国物种濒危的原因主要有森林砍伐、荒地开垦、草原过牧、捕猎及捕捞过度等，此外，兴修大型水利工程破坏水生生物的栖息生境和洄游通道，过度采挖野生经济植物，环境污染等，也是造成生物多样性受威胁的重要原因。

由于各农业区的生态环境遭到不同程度的破坏，我国栽培植物遗传资源正面临严重威胁。例如，1964 年在云南省景洪县发现两种野生稻 24 处，因开垦农田和种植橡胶，至 80 年代末只剩下 1 处。黄河三角洲和三江平原过去遍地长满野生大豆，现在只在少数地区有零星分布。由于推广优良品种，许多古老的名贵品种正被遗忘进而绝迹。例如，上海郊区 1959 年有蔬菜品种 318 个，到 1991 年只剩下 178 个，丢失了 44.8%。动物遗传资源所受到的威胁也不容忽视，我国的优良畜禽如九斤黄鸡、定县猪已经灭绝，北京油鸡数量剧减，特有的海南岛峰牛、上海荡脚牛也所剩无几。遗传基因丧失的后果是无法估量的。

4. 资源承载力

我国在相当长时期内都将处于人口负荷过重的临界状态，并有可能超过资源承载极限。据一些学者研究，我国目前土地资源生产力的合理承载量为 11.5 亿人，超载约 1.5 亿。若按温饱标准计算，我国土地资源的最大承载能力为 15 亿—16 亿人口。若严格控制人口的目标能实现，2030 年人口将达到资源承载极限。若按目前的人口增长率，2015 年就会突破这一极限。面对着人口的膨胀与经济高速增长对资源的需求日益增加的压力，中国正处于历史上最严峻的资源状况、承载着历史上最大人口数的危急时刻。

5. 资源开发的环境影响

我国资源开发的强度越来越大，所引起的生态环境问题长期积累，至今环境污染已迅速蔓延，自然生态已日趋恶化。部分地区土地长期集约经营，重用轻养，不适当地使用化肥和农药，造成土壤板结和污染，土地肥力下降。城市工业高速增长，乡镇企业大发展，相当程度上是以拼资源和环境为代价。此外，城乡基本建设大量占用本来已很有限的耕地，使十分紧张的人地关系随人口压力的不断增加而更加严峻。水土流失面积由 50 年代初的 116 万 km^2 增加到现在的 153 万 km^2，每年流失表土 50 亿 t 左右，带走氮、磷、钾约 4 000多万 t，相当于我国化肥的全年总产量。森林面积减少，目前覆盖率仅 13.92%。草原退化面积达 7.7 亿亩，估计主要牧业省区可利用草原单位面积牧草产量，到 21 世纪初将比 20 世纪 80 年代末下降 30%。沙漠化土地不断扩展，平均每年达 1 500 km^2。环境污染已从城市向农村蔓延。工业三废和农药污染的耕地近 3 亿亩。估计 21 世纪初的情况将更加严重，70%的淡水资源将因污染而不能直接利用。

工业化国家在发展历史中都经历了“先污染，后治理”的过程，即不顾资源与环境代价促进经济增长，达到相当的发展阶段，有了一定的能力后，再进行大规模的资源保护和环境治理。例如开始大规模治理环境污染时，美国的人均 GNP(国民生产总值)已达 11 000 美元，日本亦超过了 4 000 美元。而我国目前人均 GNP 仅 300 多美元，社会尚无力量集中更多资金进行大规模的资源与环境治理，也很难指望在近期内跨越发展与治理的门槛。因此，社会经济发展与资源、环境保护的两难选择，将是长期困扰我们的矛盾。

第三节 关于自然资源问题的论争

1. 悲观派与乐观派

资源问题如此严重,又如此复杂,因此引起了很多人的关注和兴趣。很多学科的学者都在研究这个问题,形成了很多学派、理论和方法。就观点而论,大致可分为两派,即悲观派与乐观派。

悲观派以新马尔萨斯主义者为代表,其对立派称之为杞人忧天式的悲观主义者(gloom-and-doom pessimists)。罗马俱乐部1972年发表的《增长的极限》集中表达了新马尔萨斯主义者的观点(Meadows *et al*., 1972)。该派认为,如果目前这种趋势继续下去,世界将变得更为拥挤,污染会更加严重,更多资源将耗竭或退化;他们还认为由于富者愈富,穷者愈穷,这将引起严重的政治和经济骚乱;战争的威胁亦会增加。很多新马尔萨斯主义者都是环境保护论者,也多为自然科学家。之所以称为新马尔萨斯主义者,是因为他们更新和发挥了马尔萨斯1789年提出的一个假设:人口呈几何级数增长,超过呈算术级数增长的食物供给,最后只有由饥荒、瘟疫和战争来减少人口。

反对新马尔萨斯主义的一派称为丰饶论者(cornucopians),其对立派称之为不现实的技术乐观主义者(unrealistic technological optimists),多数丰饶论者都是经济学家或历史学家,代表作有西蒙的《没有极限的增长》(Simon, 1981)。他们认为,如果目前这种趋势继续下去,经济增长和技术进步将造成一个并不拥挤,污染较少,资源更富有的世界;在这个世界中,大多数人都会更加健康,寿命更长,物质财富也更多。

丰饶论者与新马尔萨斯主义者对各种问题的见解几乎都是针锋相对的,表1-3罗列了他们对一些问题的不同看法。

表1-3 新马尔萨斯主义与丰饶论者对主要资源、环境问题的不同观点

问题	丰饶论者	新马尔萨斯主义者
人对地球的作用	征服自然以促进经济增长	与自然协调,在维持地球生命支持系统持续性前提下促进经济增长
环境问题的严重性	被夸大了;可通过增进经济增长和技术进步来解决	现在已很严重;若不转变为持续形式的经济增长,则会更加严重
人口增长与控制	不该控制;人是解决世界上一切问题最有活力的源泉 人们想要多少子女就自由生多少子女	应该控制,以防止地方、区域或全球生命支持系统的崩溃 人们想要多少子女,就自由生多少子女;但这种自由不能侵犯他人生存的权利
资源耗竭与退化	由于管理改善和转用替代品,潜在可更新资源不会耗尽	很多地区的潜在可更新资源已经严重退化。对于地球上的表土、草地、森林、渔场和野生生物这些使人类得以生存并支撑着多数经济活动的资源来说,没有替代品
	由于可以找到更多矿藏或发现替代品,非可更新资源不会枯竭	某些非可更新资源是找不到替代品的,或者要费很多时间才能逐步采用而不造成经济上的困难
	经济增长和技术革新可将资源耗损、污染和环境退化减少到可接受的水平	由于高度的资源消费和不必要的浪费,较发达国家正造成不可接受的区域和全球资源耗竭、污染和环境退化

续表 1-3

问题	丰饶论者	新马尔萨斯主义者
能源	强调利用核能及不可更新的石油、煤和天然气	强调能源保护，利用恒定的太阳能、风能、水力，持续地利用潜在可更新生物能(木材、作物秸秆)
资源保护	减少不必要的资源浪费，重复利用和循环利用都是可取的；但如果它们使当代经济增长降低，则是不可取的	减少不必要的资源浪费对于维持地球生命支持系统和长期经济生产率是至关重要的，它可延长非可更新资源的供给，使可更新资源的供给持续，并减少资源开发利用的环境影响
	我们可以发现任何稀缺资源的替代品，所以资源保护没有必要，除非它能促进经济增长	并非任何资源都能找到替代品，有些即使能找到也可能质量差，成本高
野生生物	地球上的野生植物和动物物种的存在是为了满足人类需要	由于人类活动而导致任何野生物种的灭绝都是错误的。这些潜在可更新资源的利用要以持续性为基础，只能满足必要的需求，而不应满足轻浮的要求
污染控制	不能以短期经济增长的代价来强化污染控制，因为经济增长了才能提供资金来控制污染	污染控制不力会危害人和其他生命形式，并降低长期经济生产率
	应予污染者政府津贴和税收减免，使之能装备污染控制设备	污染者应付把污染减少到可接受水平的费用。商品和服务都应包括污染控制和成本，以使消费者知道其消费的环境代价
	强调控制排放来减少已进入环境的污染	强调控制输入以防止污染进入环境
	废物处理方式是焚烧、堆放或掩埋	把废物看作资源，努力循环利用、重复利用或转化为有用形式

2. 新马尔萨斯主义与丰饶论之争

从表 1-3 中可见，新马尔萨斯主义者与丰饶论者在资源、环境的主要问题上都存在严重分歧。

新马尔萨斯主义者与丰饶论者之间的争论已经进行了十几年，人们从同样的资料数据或趋势中常常得出极不相同的结论，为什么？因为不同学派在这个世界如何运转，人类在世界上应起什么作用，这些涉及世界观的问题上尖锐地对立着，分析问题的方法也不一样。

丰饶论者常常具有一种"旧的不去、新的不来"(throw away)的态度。他们把地球看成是一个具有无限资源的地方，任何妨碍短期经济增长的资源保护都是不可取的。他们认为，如果一个地区的资源被污染了或耗竭了，人们总能通过技术进步找到替代品并控制污染。如果资源稀缺或者找不到替代品，人类也是会从月亮上或其他星球上取得资源，太空中有的是"新处女地"。这种态度基于两个信仰：

① 人类比任何其他物种更重要；

② 通过科学和技术我们可以征服、控制并改造自然，以满足我们当前和未来的需求和需要。

丰饶论者采用的分析方法往往是历史(外推)对比法，西蒙就指出，现代人的健康水平、生活质量比历史上任何时期都好，怎么能说是资源危机呢？从历史上看，资源稀缺问

题的趋势是逐步缓解而不是越来越严重的。正是英国17世纪的薪柴短缺促进了煤炭的开发利用；尔后鲸油和煤的短缺又促进了石油的开采；石油危机又刺激了很多新能源和节能技术，所以由于人口增加和收入改善导致的资源短缺使人类生活越来越好。

相反，新马尔萨斯主义者的世界观是持续地球（sustainable earth）世界观，不仅人类社会应持续，地球上所有的生命以及生命支持系统都应持续。他们认为，地球资源是有限的，无限度的增加生产和消费将会给自然过程强加上严重的负担，使空气、水、土壤的更新和自我维护不能正常进行，也影响地球对生物多样性的支持。他们还认为，现在和将来的资源问题和环境问题都导因于我们对自然界如何运作缺乏认识，我们企图支配自然，不能真正认识到人类是自然的一部分，而不是与自然分离的，更不是超于自然的。

应该承认，资源问题及其解决是非常复杂的，我们仅仅刚开始认识它们，要彻底认识还有漫长的路要走。为此，我们要学习和研究自然资源学。

第二章 自然资源学

第一节 资源问题的关联域

1. 人口过剩

我们在上一章概括地阐述了当代自然资源问题，这些问题是如何产生的呢？最直接的原因是人口过剩，可以提出一个公式来表达自然资源问题：

$$资源问题 = 人口数量 \times 人均资源消费 \times 单位资源利用的环境后果$$

其中的人均资源消费包括直接消费和间接消费；单位资源利用的环境后果，例如环境污染、环境退化、资源存量的减少等，这与资源利用的方式有关。

由此看来，资源问题与人口过剩(overpopulation)问题密切联系。当一个国家或一个地区或全世界的人口对自然资源的压力过大，致使资源基础退化或耗损，并污染水、空气、土地，从而损害着人们生存环境(生命支持系统)时，人口过剩问题就产生了。从前面的论述中可见，当今世界，尤其是中国，人口已经过剩。人口数量过多或人均消费过多，都会引起人口过剩问题，学术界分别称之为人口数量过剩(people overpopulation)和人口消费过剩(consumption overpopulation)。

人口数量过剩是指一个地区(或国家)的人口数量多到超过了当地提供食物、水和其他重要资源以支持这些人生存的程度；当人口增长速度超过经济增长速度，或由于财富分配不平等，致使一部分人贫穷到无力生产或购买足够的粮食、燃料等生活必需资料时，也被认为是人口数量过剩。在此类人口过剩问题上，资源问题的关键因子是人口规模及其产生的土壤、草原、森林、野生生物等可更新资源的退化。在世界上一些最穷的欠发达国家，人口数量过剩导致每年死亡未成年人至少 1 200 万，加上成年人约 4 000 万，不得温饱的人更达好几亿。很多分析家认为，除非有效地控制人口增长，并改善资源管理以使被破坏了的可更新资源得以恢复，否则这种困境将会愈演愈烈。

在发达国家，如美国、英国、德国和日本，也有人认为有人口过剩问题，但是另一种人口过剩，称为人口消费过剩。这是指人口数量虽然不多，但人均资源消费过高以致引起显著的污染、环境退化和资源基础耗损。在此类人口过剩问题上，资源问题的关键是人均高消费及其带来的资源、环境问题。从这个角度看，富人比穷人对资源问题应负更多的责任。

2. 其他因素

再深入思考资源问题，可以发现它并不是像上述公式那么简单的。这是很多因素相互纠缠在一起形成的复杂综合体，可概括地简化为图 2-1 的表达形式。例如，人口过剩问

题不仅指人口数量和人均消费水平,人口的分布也对资源问题有显著影响。当众多人口聚集于城市时,通常发生严重的空气污染和水污染问题,发生水源紧张、废物堆积问题。农村人口比较分散,资源问题往往表现为土地退化,森林、草原、旅游资源、水生资源等的破坏。又如战争也会对资源和环境发生灾难性的影响。

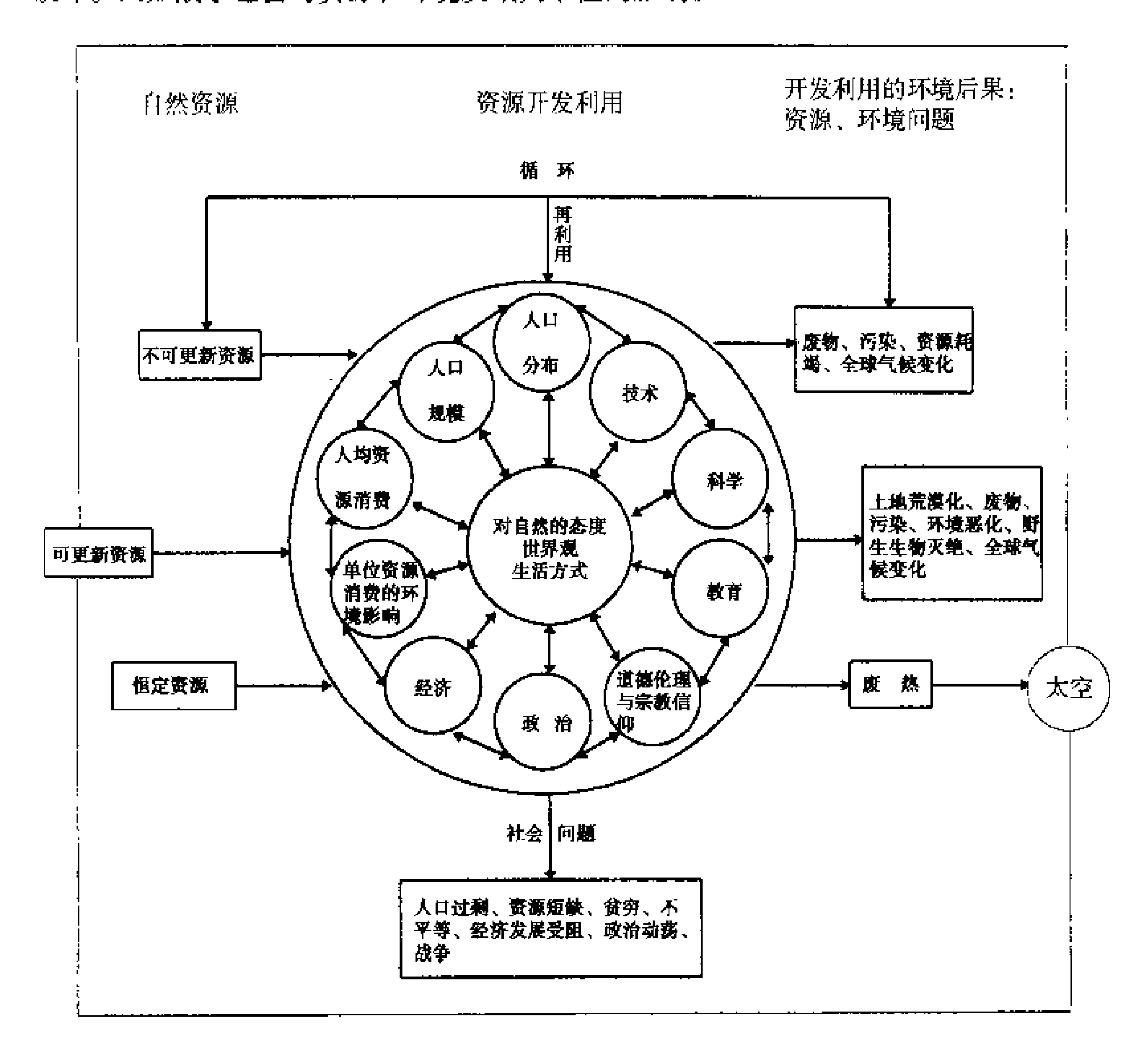


图 2-1 资源问题的关联域

环境、资源和社会问题是由很多复杂因素构成的综合体,目前对这些因素的相互作用知之不多,图中只表现出部分可能的相互作用。认识多种因素的相互作用,正是解决资源问题的关键所在。

科学技术的某些发展会导致新的资源、环境问题,或加剧和扩大已有的问题。例如,煤、石油、天然气的利用都是科学技术发展到一定阶段才出现的,它们为人类的生产、生活提供能量,但也带来空气污染问题。其他形式的污染,如塑料、农药、化肥、氟里昂、放射性废物等,也是科学技术发展使这些物质能够生产、使用后才产生的。

但科学技术也有助于解决资源和环境问题。很多稀缺资源都由于科技发展而找到了替代品,例如,电灯代替了点灯的鲸油,这大大有助于保护减少的鲸群从而免遭灭绝。科技发展使资源利用率提高,从而减少资源浪费,例如现在煤燃烧的利用效率已大大高于100年前。70年代以前,大多数洗涤剂都不能生物降解,但现在可以了。科学技术也为控

制和清理多种形式的污染而开发出新的排放方法。因此,问题和挑战在于尽量减少科技发展对环境资源的负效应,增强其正效应。

经济、政治和道德伦理诸因素也与资源问题有关,解决资源问题也应考虑这些因素。现在很多学者和政治家都呼吁改造现有经济体制,而且已逐步在采取经济手段和法律手段,使导致污染、环境退化和资源耗竭的行为无利可图或非法,从而加以控制。经济上的收益可用于开发对资源环境有利(或减少害处)的技术。更重要的是使全体公民都认识到,不能为了眼前的经济利益而损害生命支持系统。因此,教育有着巨大的作用。

第二节　自然资源学的研究内容

一、自然资源学的框架结构与时空尺度

1. 自然资源学的框架结构

既然自然资源问题涉及众多的复杂因素,作为针对这些问题应运而生的自然资源学,当然需要研究所有这些因素。概括说来,自然资源学主要是研究人类与自然界中可转化为生产、生活资料的物质与能量间相互关系的科学。它以单项和整体的自然资源为对象,研究其数量、质量、时空变化、开发利用及其后果、保护和管理等。单项自然资源研究各自从有关学科派生出来,已发展成较为成熟的科学体系,如水资源学、矿产资源学、土地资源学、森林资源学等。

整体(或综合)的自然资源研究,其发展历史较短,理论与科学体系上还未完全定型,其研究方法也在发展和完善之中。本课程将对综合自然资源学的理论、方法、应用作一些总结和探索。

这里提出一个自然资源学的框架体系,自然资源学的研究内容亦在其中(图 2-2)。

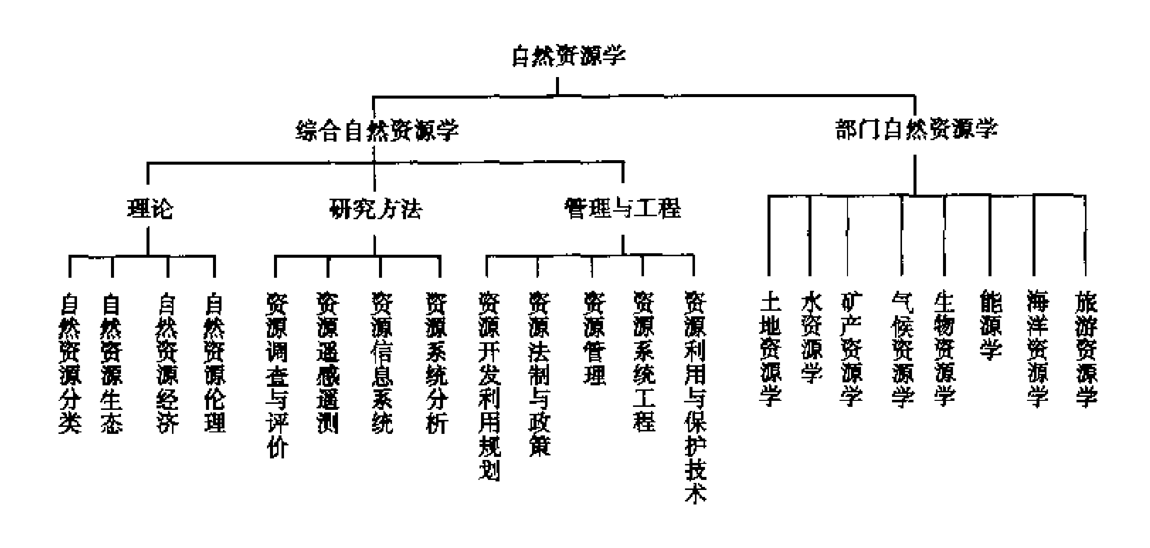


图 2-2　自然资源学的分支结构

B. Mitchell 在"Geography and Resource Analysis"一书中用一个三维图来表示自然资源学的研究范围(图 2-3),可与图 2-2 相互参照,从而对自然资源学有更全面的理解。

2. 空间维与时间维

图 2-3 把自然资源学的研究内容归纳为论题维、时间维和空间维。这里有必要强调一下弄清空间维和时间维的意义。

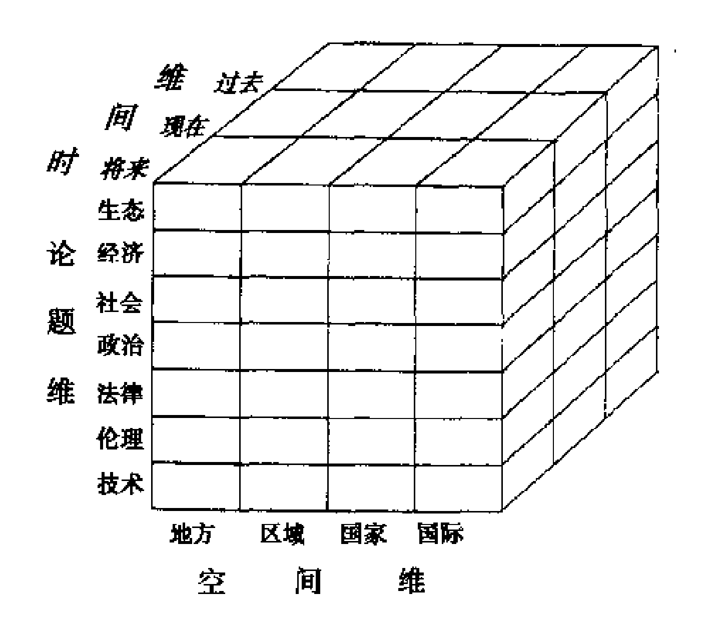


图 2-3 自然资源学的范围

不同空间尺度上要研究的问题是不同的，在研究中需要作明确的界定。例如就农业资源而论，不同尺度的不同问题如表 2-1 所示；再如土地资源，不同空间尺度上也有不同的问题(见表 2-2)。只有抓住了一定空间尺度上的关键问题，才能使研究深入下去。

表 2-1 不同空间尺度农业资源研究的不同问题举例

空间尺度 / 子系统	地 点	地 方	区域和国家	全 球
生 态	田间土壤肥力	农业生态系统	资源、环境承载力	全球环境变化
经 济	施肥量、灌溉量	农场投人-产出	区域农业经济	国际农产品贸易
社会	劳动力	家族关系	区域差异、城乡差别	地缘政治、南北关系

表 2-2 不同空间尺度土地资源利用研究的不同问题举例

空间尺度 / 子系统	地 点	地 方	区 域	区 际	全 球
生态	土地适宜性	景观格局	土地承载力	上游土地利用对下游的影响	土地利用与土地覆盖变化
经济	土地投人-产出	土地利用结构	城乡比较经济效益	区际经济关系	土地产品的国际市场价格
社会	政策限制	土地权属	土地管理体制	区域差异、区域政策	地缘政治、领土纠纷

在具体研究中若无空间尺度的界定，就会不着边际、不得要领。现在学术界普遍认同资源、环境研究在空间上要区分全球、区域、地方、地点等尺度。尺度的界定往往是和论题的界定联系在一起的，换言之，对不同的尺度要研究不同的论题。以农业资源的可持续利用研究为例，可以归纳为生态持续性、经济持续性和社会持续性，每一种持续性在不同的空间尺度上都有不同的论题（当然各论题会有联系）。又如土地利用持续性的空间尺度涉及区域、地方、地点等，对不同尺度的土地利用可持续发展也要研究不同的问题。

资源研究的宏观方面（例如国家资源可持续利用战略）和微观方面（例如自然资源利用工程技术）当然是十分重要的，而中观尺度（区域自然资源问题）也不可忽视。我国自然资源的区域不平衡性极为突出，如不针对不同区域的具体问题制定资源可持续利用对策，宏观政策或被误用，或落实不到实处，微观技术也难以发挥综合效益。地理学以区域性和综合性见长，正是在中观尺度问题的研究上有独特的优势，可为这一十分重要的问题作出贡献。国际上正在关注地方21世纪议程的实施，全球资源、环境问题研究的重心也在向区域响应和区域对策转移，我国地理学者也应当把区域自然资源的可持续利用作为研究重点。

在时间尺度上，地理学更应重视近百年来的自然资源问题变化过程，要区分未来近、中、远期的不同任务。当代资源、环境问题的出现和可持续发展概念的提出，是工业革命以来人类活动干预自然环境的强度显著加大的结果，所以资源和环境退化的病根应在近百年来的变化过程中诊断，医治良方应在近百年来的变化过程中寻求。对于今后，必须分近、中、远期加以规划。近期规划目标主要是充分合理地开发利用当地自然资源，打破资源、环境退化与发展受阻恶性循环的关键环节，实施可行的开发项目，起步措施还必须有政策保证；中期规划则是从发展的可靠性着手，使当地资源、环境、经济和社会步入良性循环；远期规划着眼于前瞻性预测，走向自然资源的可持续利用和社会的可持续发展。近期起步的可行性、中期发展的可靠性和远期规划的前瞻性应相协调，以实现当前开发与长远持续发展的统一。

二、有关的其他学科

上述问题不仅是自然资源学的研究内容，也被其他一些学科关注着，自然资源学与这些学科有着密切的相互联系和交叉。

1. 环境科学

一般认为环境科学研究环境的负效应方面。陈静生在1986年出版的《环境地学》一书中指出：环境科学虽然以“人类-环境系统”为研究对象，但它“并不研究人-地系统的全面性质，而注重研究环境危害人类，以及由于人类作用于环境引起环境对人类反作用而危害人们生产和生活的那部分内容”。

环境科学在发展过程中不断扩大其领域，于是又有了广义的环境科学。《中国大百科全书·环境科学》卷写道：环境科学“在宏观上研究人类同环境之间的相互作用、相互促进、相互制约的对立统一关系，揭示社会经济发展和环境保护协调发展的基本规律；在微观上研究环境中的物质，尤其是人类活动排放的污染物的分子、原子等微小粒子在有机体内迁

移、转化和蓄积的过程及其运动规律，探索它们对生命的影响及其作用机理等。"环境科学的主要任务是：

第一，探索全球范围内环境演化的规律。

第二，揭示人类活动同自然生态之间的关系，使人类与自然平衡，这一平衡包括：①排入环境的废弃物不能超过环境自净能力，以免造成环境污染，损害环境质量；②从环境中获取可更新资源不能超过它的再生增殖能力，以保障永续利用；从环境中获取的可更新资源要做到合理开发利用。

第三，探索环境变化对人类生存的影响。

第四，研究区域环境污染综合防治的技术措施和管理措施。

这样广义理解的环境就与自然资源学、生态学、地理学等有了广泛的交叉。

2. 国土经济学

《中国大百科全书·经济学》卷写道："国土经济学是根据人与自然相互关系的客观规律，探求合理利用国土资源的政策与措施的理论与方法的一门应用经济学科"。关于国土经济学的定义，中国学者还提出了另外几种表达形式，例如"研究人类生存条件的经济科学"、"研究国民经济发展与国土开发整治之间关系的科学"，"从资源利用的角度研究再生产理论的经济科学"等。

研究对象主要是以国土为客体的人类活动与自然条件之间相互影响的经济规律，和运用这些规律制定合理开发、利用、改造、保护国土资源的政策与措施，以及有关问题的理论与方法。

研究内容主要是：①国土状况的调查、描述和分析；②从经济学角度正确对待本国国土资源的原则和这些原则的科学基础；③制定开发、利用、改造、保护国土的措施和法规；④从经济学角度研究国家管理国土资源的职责、政策、法律和相应的管理机构。

看来，国土经济学与资源经济学也有联系，这个联系的结合点在"国土资源"，国土资源的主要组成部分是自然资源，但也包括依附于国土的基础设施（道路、水利、港口、机场等）和名胜古迹等，有人还认为包括国土范围内的生产能力和人力资源。国土经济学与资源经济学也有区别，除了前者比后者范围更广外，前者似乎属宏观（总量）经济学范畴，后者按阿兰·兰德尔（1989）的定义属微观（个量）经济学范畴。

以上介绍的几门学科实质都是研究人类社会经济发展与自然环境的关系，因而又与研究人类与环境关系的人类生态学有联系。

3. 人类生态学

《简明不列颠百科全书》下了这样的定义：研究人类集体与其环境的相互作用的学科。人类生态学研究社会结构如何适应于自然资源的性质和其他人类集体的存在。又称"社区研究"，"社"是指人群，人类集体社会；"区"即地区、空间、环境。人类生态学把人们生活的生物学的、环境学的、人口学的和技术的条件，看作为决定人类文化和社会系统的形式和功能的一系列相互关联的因素。人类生态学认识到，集体行为取决于资源及其有关的技术，并决定于一系列富有感情色彩的信仰，这些因素合在一起产生社会结构系统。

人类生态学中仅研究文化特征的发展与环境相互作用的那部分又称文化生态学。也

有些学者认为人类生态学研究无文化时期原始人群与自然环境的关系,而研究有文化人群与自然环境关系的学科称文化生态学。

以上是社会学和人类学受生态学影响而发展出来的人类生态学。同时,自古有人地关系研究传统的地理学也提出人类生态学的概念。美国加州大学地理学家巴罗斯(Barrows,1923)指出"地理学就是人类生态学",其论文"Geography as Human Ecology"成为地理学史上的经典。如果说地理学和社会学的人类生态学都是研究人-地关系的话,可以看出,前者的重点和归宿似乎在"地",而后者的则在"人"。

王发曾(1991)指出,人类生态学应该成为一门以生态学原理为基础,与多种社会科学和自然科学相汇合,以人类-环境生态系统为对象,以优化人类行为决策为中枢,以协调人口、社会、经济、资源、环境相互关系为目标的现代科学。人类生态学的根本任务是:考察人类的生存方式和环境对人类生存的作用;研究人类群体之间、人类活动与环境之间相互作用、相互依赖和相互制约的机理;解决和预防严重威胁人类生存与环境质量的生态问题,以推动人类-环境系统协同而健康地发展。当前研究的重点应是:人类生态学的理论和方法、人类发展与环境、生态农业、城市生态系统、人口生态问题、经济生态问题、资源生态问题、环境生态问题和人类生态决策等。

第三节　自然资源学的发展

自然资源学的形成,既有当代全球问题挑战的要求,也有其历史渊源,其发展经历了漫长的过程。了解这个发展进程,有助于加深对自然资源学的认识。

1. 关于人类史前时期的自然资源问题研究

有史记载以前,人类已存在了约200万—300万年,这与地球45亿—60亿年的漫长历史相比,仅仅是短暂的一瞬。但人类的出现和发展,却是整个地球自然界发展史中举足轻重的大事,它使几十亿年来一直是"自发"演变着的自然界,受到了具有"自主"行为的人类的干预,从而进入一个新的发展阶段。

不过在人类的长期历史(狩猎社会和原始农业社会)上,自然界一直显得如此庞大,人类活动对自然界的影响如此渺小,大自然仿佛是一位永恒的母亲,她那资源的乳汁似乎取之不尽、用之不竭,人类的发展似乎没有自然界的制约。这时人类对其环境和自然资源的影响是局部的、微小的,并不比其他动物对生物圈的影响更大。这段时期人类对自然资源的利用虽也积累了一些极为原始的经验,但根本谈不上记载,更不用说总结。只有考古学家们利用零星而片断的考古发现与记录,对这一时期人类在利用自然资源方面的情况进行约略的推断和复原。人类学家也通过对现今某些原始部落的研究,来探讨早期人类社会与自然资源和自然环境的关系。这段时期可称为自然资源学的史前时期。

2. 自然资源的零星记载、描述

整个农业社会直到19世纪中期的工业革命期间,人类技术和生产力水平不断提高,人口也逐渐增加。公元前8000年时全球人口约500万,到第一次进行人口调查记录的1650年,大约1万年的时间里人口才增长到5亿。到工业革命结束时的19世纪中期,世

界人口达到约10亿。尽管此期间人口有所增加,但在当时的技术水平下人类对自然界并没有形成很大的压力。尽管有少数农业文明衰落起因于土地退化,但总的来看这时的人间处于天苍苍、野茫茫的"牧歌式"社会,人口稀少,土地广阔,资源丰富。世界上许多文明古国,从古埃及、古希腊以及古代中国开始,都有关于自然资源的分布、开发、利用、人与自然资源的关系等方面的记录,也产生了一些有关自然资源利用和保护的朴素而深邃的思想。本阶段后期的一些哲学家、政治家、地理学家及博物学家在他们的著作中对这方面进行了记载和总结。这些零星但十分宝贵的经验,为18、19世纪开始的各有关学科对各项自然资源进行近代科学研究提供了重要基础。

我国历史悠久,在开发利用自然资源并加以文字记载方面也是世界上最早的国家之一。自我国有文字记载始,直到本世纪初近代科学传入中国,中国人民在开发利用自然资源的过程中,对各种资源的分布、特征、用途以及保护、管理等方面积累了越来越多的经验,并逐步加以总结和记载。最早关于可更新资源的记述,例如物候、生物资源、土地资源以及植物与环境的关系等等,可见于春秋时期成书的《管子》,甚至可上溯到商代的甲骨文记述。到战国时代,对各种可更新资源,尤其是水、土、物候、生物等利用、治理方面的记述,大为增加,如《禹贡》、《周礼》、《山海经》、《淮南子》等,其中《山海经》是迄今所发现的世界上最早的有关矿物的记述。随生产和社会的发展,此类记述越来越丰富,其中不少至今仍不失其参考价值,对世界科学发展也有一定影响。例如,明末李时珍的《本草纲目》,不仅是一部药学巨著,亦是一部生物资源名著。又如北魏(公元6世纪)贾思勰的《齐民要术》,集前人对黄河中下游地区的农业生产条件、农业资源、农业生产技术之大成,不仅是一本关于该区域农业生产的经典,也是一本关于如何合理利用可更新资源的古代学术著作,他明确提出了"顺天时,量地利,则用力少而成功多"的资源生态学思想,至今仍有指导意义。又如《史记·河渠书·食货志》、《汉书·地理志》、《水经注》、《徐霞客游记》、《农政全书》等,也都是我国自然资源及其开发利用记述的光辉范例。关于自然资源的零星记载在我国可以说最为丰富,历史也最长。

3. 自然资源的科学研究

工业革命以后,人口增加的速度显著加快。此前的1650—1850年间,人口从5亿增到10亿,翻一番用了200年。而1850—1930年间,人口又翻了一番,达20亿,只用了80年。此期人的技术能力与生产力水平也有了革命性的进步,同时也促进了科学的发展,一些单项的自然资源研究学科,主要是生物学、地学、经济学以及资源利用的技术科学(如农学、森林学、土壤学、矿物学)等分别进行了各种各样的研究,但它们都保持着各自的科学理论和方法体系,彼此很少交叉渗透,更谈不上合流了。但这些学科基础以及它们各自积累的科学资料和知识,为资源科学的产生创造了条件,奠定了基础。

生态学的出现和发展奠定了自然资源学的一个重要科学基础。通过长期的生产实践与科学研究,人们逐渐认识到自然界的任何成分都不是孤立存在的。它们相互联系、相互作用、相互制约,构成具有一定结构和功能的系统。这种思想于30年代几乎同时出现在有关学科(如生物学、地理学、土壤学、森林学)中,后来形成生态学,并以Tansley提出的Ecosystem被广为接受为标志。这一概念对现代自然资源学有重要影响。

地理学家们历来重视人-地关系的研究,包括人与自然资源关系的研究。巴罗斯

(Barrows,1923)年发表"Geography as Human Ecology",极力主张地理学把注意力集中于人类生态(即人与自然环境的关系)的研究上。这个概念对后世研究人类发展与自然资源的关系有重要影响。一些学者认为:"自然资源的综合研究是人类生态学的核心"。

地理学家和哲学家都注意到研究人类社会对自然界的冲击。地理学家马什(Marsh,1864)早就在《人与自然:人类活动改变了的自然地理》一书第一个系统地论证了这个问题。恩格斯在《自然辩证法》中指出:"我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利,自然界都报复了我们"。

虽然各学科都已意识到对自然资源作综合研究的必要性,但由于当时人口数量及生产力对自然界的冲击尚未达危机地步,自然资源的有限性表现得还不显著;同时又由于方法、手段上的局限,现代概念的自然资源学还没有建立起来。

从本世纪初到中华人民共和国成立,随着西方近代科学技术的传入,我国自然资源研究也进入了科学调查的萌芽阶段。其成果主要有两个方面:

(1) 政府及有关组织进行的资源科学调查。例如20世纪初成立的"中国科学社",20年代成立的"中央研究院",30年代成立的"资源委员会"等,对我国的自然条件、自然资源作了近代科学意义上的一些调查、观测和初步研究,同时还创办矿业,开发矿山,对气象、水文、土壤、植物、动物等资源也作了分别调查,并收集了大量的标本。特别是资源委员会,在我国自然资源研究史上有重要历史地位,对抗战和我国近代工业的发展都起过积极作用。但由于历史的偏见,很多学者将它视为国民党政府的御用机构和四大家族的官僚资本而大加谴责,这是不符合史实的。

(2) 不少外国学者所作的资源科学调查。例如李希霍芬、罗士培对我国西北、华北的探险和考查。此类外国学者调查中国自然资源的目的各种各样,有出于学术研究的,也有出于为其本国政府掠夺中国资源效力的,甚至还有盗窃敦煌文物的。其中日本侵华时期所作的调查较为系统,涉及东北、华北、内蒙古、海南岛等地。俄、英、德、法等国对我国东北、西北、西南、青藏高原等地也作了一些调查。

这一时期,各地方部门、高等院校有关系科也在十分艰苦的条件下进行了关于自然资源的科学调查,为后来研究我国资源的发展和变化提供了珍贵的历史资料。

中华人民共和国成立后,为适应国家建设的需要,我国开始了大规模的自然资源科学研究与综合考察。除部分矿产资源和非可更新资源,是与资源开发同时进行资源勘探和科学研究外,绝大部分可更新资源是作为大规模开发利用的前期工作,根据12年科学规划进行的资源科学综合考察所获得。这些调查研究大部分都是在我国边远地区(如新疆、内蒙古、西藏、西南、海南等)进行的。同时,针对当时国家建设之急需,对若干重要的资源(如橡胶、热带作物、盐矿等)也进行了专题调查研究。

此期自然资源研究主要从三个方面进行:一是从中国科学院和国家科学技术委员会为主组织的多学科综合考察,及自然区划与地理志的研究工作;二是以各个有关产业部门及其所属研究机构进行的单项资源(如森林、作物品种、石油、金矿等)的勘探与调查;三是高等院校为配合教学需要而进行的调查研究。这三个方面既有分工、又有配合,在自然资源研究方面取得了显著成绩。

这一时期我国自然资源科学研究工作的规模之大,范围之广均是史无前例的。例如,仅以中国科学院自然资源综合考察委员会为主,在前后近30年间组织的综合考察队就达

30 多个,有百余个专业与学科,一万多人次的科技人员参加,工作范围达全国三分之二以上的省份。通过这一时期的工作,对全国自然条件和自然资源的基本状况有了比较系统的和全面的了解,初步掌握了它们的数量、质量与分布,全面填补了我国自然资源科学资料上的空白,为国家制定国民经济发展规划和地区开发方案提供了重要科学依据,发挥了资源考察在国民经济建设中的先行作用。

4. 自然资源学的形成和蓬勃发展

第二次世界大战后,人口爆炸性增长,物质生活水平和技术水平也不断提高,人类对自然资源的压力与日俱增。人类不再像是偎依在母亲怀抱中的婴儿,而像是自然界的主人。正如《世界自然保护大纲》中所指出的那样,我们时代的一个重要特征是,人类几乎有着无限的建设能力和创造能力,但又有同样的破坏力和毁灭力。因此导致了前述的资源与环境危机。在严峻的事实面前,合理开发利用和积极保护自然资源,作为一个国际关注的社会问题提到了当代社会的议事日程。1972 年在斯德哥尔摩召开的"人类环境会议上",提出了"只有一个地球"的口号,标志着人类对环境与资源问题的真正觉醒。这样,自然资源学以其综合性和整体性的特点,在新的科学技术手段和方法的武装下,以崭新的面貌出现在当代科学舞台上。

二次世界大战后自然资源学的关注焦点经历了三个阶段的变化。在第一阶段,关注焦点大多集中在自然资源和环境的极限和质量的退化上,自然资源的基本问题倾向于限定在自然概念内。第二阶段的标志是,重新定义资源问题的核心,并将注意力从原来的自然资源稀缺和环境变化转向与资源利用有关的更为广泛的社会、经济和政策方面的考察。第三阶段主要关注自然资源的可持续利用,这个问题的核心仍然是自然环境对人类发展施加的限制,虽然就这个意义来看,这种关注是 70 年代初期忧虑的回声,但寻求解决办法的重点已有了显著的变化。非增长学派要求终止所有经济增长和技术变化的简单化做法,在 70 年代后期的经济萧条时已全线崩溃。非增长解决不了发达国家的失业,使生活在第三世界国家的广大人民无望。要解决自然资源退化问题,同时还不得不重视改善人类福利。于是,可持续发展而不是非增长成为了关键概念。

当前自然资源学的发展除上述社会历史条件外,也有其科学技术发展的历史背景。对资源科学发展起重要影响的一个重要方面是生态系统概念的发展和在研究手段上的改进。生态系统的一些基本理论,特别是它的整体观(holism)、综合层次理论(theory of integrated levels)以及结构(组成、空间、时间、营养)、功能、动态与演替等方面的理论,对自然资源的研究有着重要意义。经济学中也出现环境经济学、资源经济学、生态经济学等分支,为自然资源研究提供了经济学理论与方法。此外,物理学、化学、数学、信息科学以及各种近代化技术和手段,也愈来愈多地应用于自然资源研究,使自然资源的研究方法得到革新。特别要指出的是:系统理论和系统分析方法,遥感技术以及地理信息系统的广泛应用,为自然资源研究从局部走向整体、从分析走上综合、从定性走向定量、从描述走向解释和预测,提供了必要条件。

近几十年来,在世界范围内就自然资源的开发利用及管理保护,开展了一系列大型的国际合作,不仅为解决当前自然资源利用中的一些关键问题找到了对策,也为促进各国在自然资源的情报、人员和研究方法的交流,制定了一批共同遵守的公约和宣言,对自然资

源学的发展起了明显的推动作用。

联合国成立不久后组织的一些科学计划中就有了自然环境与自然资源的项目。1945年FAO(联合国粮食与农业组织)第一次大会上就决定对世界森林资源作全面调查。1949年联合国经济理事会在美国召开了第二次世界自然资源利用的科学大会,决定开展"干旱区研究"及"湿热地区研究"。1960年UNESCO(联合国教科文组织)专门成立了自然资源研究与调查处(后改为生态处),负责协调和组织有关自然资源的考察研究工作。目前对自然资源研究较为重视的国际组织还有:国际发展机构环境委员会(CIDIE),联合国环境协调委员会(ECB),国际环境与发展研究所(IIED,属国际科学协会理事会ICSU),国际自然与自然资源保护同盟(IUCN),联合国环境规划署(UNEP),世界资源研究所(WRI),国际山地综合开发中心(ICIMOD),东西方中心(EWC),世界野生生物基金会(WWF)等。此外,一些国际经济、社会组织近年来也把资源管理和环境规划列入其议事日程,如欧盟(EC)、经济合作与发展组织(OECD)、世界银行(WB)、亚洲开发银行(ADB)等。

在教育界,一些新型的自然资源高等院校纷纷建立。据不完全统计,国外以自然资源命名的高等院校已达数十所,其中又以美国最多。1983年的资料表明,美国设有自然资源科系或学院的大学有38所,加拿大有5所,英国、日本、苏联、荷兰等国也有不少院校成为国际自然资源研究的中心。此外,各校地理学系也都参与自然资源的教学与研究。

这里需要简略介绍一下世界资源研究所(World Resources Institute, 略作WRI)。WRI是由一些私人基金会、联合国及某些国家的政府部门或组织,还有很多个人资助的独立学术和政策研究所,创立于1982年。目的是为了帮助各国政府、环境和发展组织,以及私人企业处理资源问题。基本问题是:人类社会如何才能既满足基本的人类需要和保持健康的经济增长,又不损害自然资源基础和环境的完善?该研究所设在美国华盛顿特区,现有95名工作人员,他们的专业背景跨越自然科学、经济学和政策科学,提供关于全球自然资源的准确且及时的信息,发展积极的政策观念。世界资源研究所近年来主要关注四个重要领域:森林和生物的变化;能源、污染与气候;资源经济与资源政策;资源环境信息。并为在自然资源管理领域内工作的各种团体提供政策咨询、野外调查设施和技术支持。

世界资源研究所从1986年开始,分别与国际环境与发展研究所、联合国环境规划署、联合国开发计划署、世界银行合作,每两年(最早两年采取每年)发表一部《世界资源报告》,迄今已发表7部。每部报告的主体包括两大部分,一是世界资源述评,分别从人口、人类居住、粮食与农业、森林与牧场、野生生物与生境、能源、淡水、海洋与海岸、大气与气候、政策与机构诸方面,评述当时世界范围内的现状与趋势;二是世界资源数据表,分别列出了有关当时世界及各国基本经济指标、人口与健康、人类居住、土地利用与植被覆盖、粮食与农业、森林与牧场、野生动物资源、能源与矿产、淡水资源、海洋与海岸资源、大气与气候资源、政策与机构的详细数据。此外,每部《世界资源报告》分别专门评述了当时世界关注的一二个重大资源问题。1986年的报告(WRI *et al.*, 1986)是"多种污染物与森林衰退",1987年的报告(WRI *et al.*, 1987)是"管理危险废物"和"非洲撒哈拉以南的可持续发展",1988—1989年的报告(WRI *et al.*, 1988)是"退化土地的更新和恢复",1990—1991年的报告(WRI *et al.*, 1990)是"气候变化"和"拉丁美洲的资源和环境展望",

1992—1993 年的报告(WRI *et al.*, 1992)是"可持续发展"和"中欧的污染",1994—1995 年的报告(WRI *et al.*, 1994)是"人与环境(包括自然资源的消耗、人口与环境、妇女与可持续发展)"和"中国"、"印度",1996—1997 年的报告(WRI *et al.*, 1996)是"城市与环境"。

我国资源科学开始立足于全面的经济、社会、环境长远发展,把资源的可持续利用及保护提上了议事日程。1978 年制定了全国第三次科学技术发展规划,把农业资源调查与因地制宜合理利用农业资源的农业区划工作,列为全国 108 项重大科技项目的第一项,此项工作遍及全国 2 057 个县,现在已完成,取得了显著的成效。农业区划资料已成为区域研究中最重要的基础资料。气候、土壤、土地、草地、森林、水产、农作物与畜禽品种等单项资源调查及系统整理的工作,也都已完成。

全国已建立起 100 多个自然保护区,其中既包括各种典型的生态系统,也包括珍稀动物集中分布区以及自然公园和典型地质剖面。就区域来看,亚热带山地资源的开发利用,黄土高原的治理,黄淮海平原的资源合理利用与治理,沙漠化的防治,黄河流域、长江流域、东北三江平原的资源利用与规划,干旱半干旱地区生态环境的改善,旱地农业建设与发展,"三北"防护林体系建设等一系列的重大资源保护、抚育、更新与合理利用工作,都已成为科学研究与生产建设相结合的国家级项目。一个以国土整治为中心的资源研究已蓬勃开展起来。为资源调查、监测和利用规划服务的资源卫星、遥感遥测技术、信息系统等普遍开展;自然资源学的理论体系也构建出了较独立、完整的框架。我国资源科学进入了一个崭新的发展阶段。

5. 自然资源学展望

展望今后自然资源科学的发展,除信息技术、空间技术、生物工程技术等将广泛应用于自然资源的调查、评价、规划、管理和实际利用中外,一个重大问题是自然资源科学的理论和方法体系将会深入和完善。正如《世界资源报告·1987》一书指出,现代地球科学两个最令人头痛的缺陷:一是对地球系统如何运转缺乏充分的了解(特别是生命界与无生命界之间、人与环境之间的相互作用机制);二是对人类影响环境变化的自然背景缺乏识别能力(例如 CO_2 及温室效应的预后)。目前世界各国皆关注并且有多学科参与的国际地圈-生物圈计划:全球变化研究(IGBP)和全球变化的人类方面计划(IHDP)就企图解决这些难题。

全球变化研究计划的目标是描述和了解调节整个地球系统交互作用的物理、化学和生物过程,地球系统对生命提供的独特环境,这个系统正在发生的变化以及人类活动影响这些变化的方式。其中也包括自然资源系统及其与人类社会的相互作用机制。全球研究计划的任务可以概括为两大方面:①搞清人类环境变化趋势及其机理;②研究人类社会对环境变化的响应和全球环境问题的社会解决办法。显然,这是极其艰巨复杂的任务,要实现它们必须认识到人类与地球物理、化学、生物各系统之间盘根错节的相互作用,因此迫切需要多学科协同作战。

IHDP 认识到人类活动不仅被全球环境变化的各种过程所影响,而且也是这些变化过程的一种原因。IHDP 的宗旨是:对于控制人与地球系统相互作用的复杂机制,要提高科学理解,加深认识;努力研究、追索和预测影响全球环境变化的社会变化;制定广泛的社

会战略以阻止或缓和全球变化的消极影响，或者适应已经不可避免的变化；为对付环境变化和促进持续发展目标而分析各种对策。IHDP目前最大的核心项目是与IGBP联合开展的土地利用与土地覆盖变化(LUCC)，IHDP的关注还可从其以下报告中可见一斑："社会对全球环境变化的学习过程"，"人口数据与全球环境变化"，"经济数据与全球环境变化的人类方面"等。

未来自然资源研究将涉及庞大的科学群，现在已在越来越多的领域发现越来越多的相互关联，全球规模的数据正在收集和分析，关键过程的动力学研究正在逐步数量化，这些努力将减少全球变化研究的诸多误差和不确定性。现在一个重要的趋向是需要对各学科的研究，尤其是在自然科学和社会科学之间进行真正的综合。迄今对自然资源的研究基本上由研究同一论题的不同学科分别进行，固执各自学科传统的语言和概念。科学家们已经认识到这只是"多学科研究"；它应该走向"跨学科研究"，这意味着要有共同的概念框架或系统框架，以作为整个研究的基础。这是一门全新的科学，一门需要有创见、跨学科、国际性、综合性、系统性等特点的，关注于切实满足人类需要的，能解决问题的科学。

第三章　人类发展与资源演进

第一节　人的需要与自然资源

自然资源的概念是相对于人的需要而言的。关于人的需要,目前最为流行且广为接受的是亚伯拉罕·马斯洛(Abraham Maslow)的解释。他认为人的欲望或需要可以分为以下五个层次:

第一,基本的生理需要,这是维持生存的需要,即食、衣、住、行的需要。所谓“民以食为天”,人类生存与发展的首要条件就是得以温饱,这是最基本、最底层的需要。

第二,安全的需要,即希望未来生活有保障,如免于受伤害,免于受剥削,免于失业;又如希望人类赖以生存的自然资源不要枯竭,自然环境不要退化。

第三,社会的需要,即感情的需要,社会交往的需要,爱的需要,归属感的需要。落叶归根,回归自然,游山玩水,体育娱乐,皆属此类。

第四,尊重感的需要,即需要自尊,需要受到别人的尊重。

第五,自我实现的需要,即需要实现自己的理想,自己的价值,这是最高层次的需要。后四种需要可通称为心理需要,这是相对于第一种生理需要而言。

从需要的角度来考察,人的欲望或需要通常被认为是无穷的。这些欲望或需要一个接一个地产生,一旦前一种欲望或需要得到满足甚至只有部分得到满足,就会接着产生后一种欲望或需要。然而,满足需要或欲望的资源却是有限的。

显然,生理需要直接是一些物质要求;心理需要则间接与物质要求有关,例如要求满意的工作,要求自我实现,这些除了涉及个人能力、价值观、社会制度等非物质因素外,也必须有一定的物质装备和经济基础。

满足人类需要的物质从何而来?追根寻源后不难发现,它们都来自自然界,即自然资源。甚至某些心理需要也要从自然资源中得到满足,如环境质量和湖光山色等风景资源。

我们可以从最基本的需要——食,来看看人类对自然资源的依赖。一个成年男子为维持身体正常的新陈代谢过程,其体内的物质输入和输出如表 3-1 所示。

表 3-1　一个体重 70 kg 的男子每日新陈代谢量(Simmons, 1982)

输入					输出	
蛋白质	80 g	食物	523 g	→变成→	水	2 542 g
脂肪	150 g				固结物	61 g
碳水化合物	270 g				二氧化碳	928 g
矿物质	23 g				其他	54 g
		水	2 220 g			
		氧	862 g			

生产食物要有土地、水、阳光等自然资源。为了满足一个人的生存条件,需要多少土地?这些土地的生产力如何?它们必须具有什么样的光、热、水条件?理论上是可以计算的。反过来看,地球上现有的自然资源,再加上一定的劳动、技术和资金的投入,可以养活多少人口?理论上也是可以计算的。现在地球上的人口已经超过60亿,这么多人的生理需要和社会活动需要,所要求的自然资源投入已与自然界本身的赋存发生了矛盾,这是需要认真研究的问题。

人的需要与自然资源的关系,以个人需要为基础,但是必须放在由个人组成的社会这个层次来考察。

第二节 社会发展阶段与资源开发利用

1. 狩猎-采集社会的自然资源开发利用

(1) 早期的狩猎者与采集者

考古发现与人类学研究都证明,大多数狩猎者和采集者都以小群聚居的方式生活,很少有超过50人的,他们一起劳动以获得必要的食物维持生存。狩猎者多为男人,采集者多为女人。在热带地区,女人的采集提供60%到80%的食物,她们还抚养孩子,所以这些部落都由女人统治,为母系氏族社会。在寒冷的近极地地区,植被极其稀少,食物来源主要是狩猎和捕鱼,这是男人干的活,所以这些地区盛行父系氏族社会。当一个部落的人口增加到一定程度,在步行范围内已不能获得充足的食物时,整个部落就会迁移到另一个地方去;或者部落化整为零迁徙到不同的地区去。很多原始部落都常常面临这种食物稀缺的景况,因而都是流浪部落,而且彼此相隔很远。他们随着季节变动或被捕动物的迁移而搬迁,以便取得充足的食物并使所费劳动最少。

这些狩猎者和采集者为了生存,已具有初步的天气预报知识和找水知识,他们发现了很多可食用或可药用的动物或植物,他们已会用石头和动物骨头制作原始武器和工具,用来猎杀动物、捕鱼、砍切植物、裁缝兽皮以制衣和做帐篷。虽然妇女一般都生4—5个孩子,但通常只有一两个能够活到成年。此外,疾病也导致了很高的死亡率;杀婴作为一种控制人口的手段普遍存在,人的平均估计寿命只有30岁。这使得人口规模与食物供应基本能保持平衡。

早期的狩猎者和采集者从自然环境中获取食物和其他资源,至此,源于自然界的人类开始了与自然界的分离。但他们人数不多,大有自由迁移的余地;用以改变环境的力量仅仅是自身肌肉的能量,自然资源开发利用的环境影响很小而且是局部性的。

(2) 后期的狩猎者与采集者

狩猎者和采集者逐渐改良了他们的工具和武器。考古证据表明,大约12 000年前出现了矛、弓和箭,使人类可以捕猎大型野兽。人类还学会了使用火和陷阱,学会了焚烧植被以促进可直接食用的植物和被猎动物喜食的植物的生长。

后期的狩猎者和采集者对环境产生了稍大的影响,尤其是用火使森林转变为草地的环境影响较为明显。但他们人数仍不多,又四处迁徙,而且仍然主要依靠自己的肌肉力量来与环境抗争,所以对环境造成的影响还是很小的。早期和后期的狩猎者与采集者仍都属于“自然界中的人”,他们通过适应自然来求得生存。

2. 农业社会的自然资源开发利用

(1) 野生动植物的驯化

大约 10 000 年前,人类历史上发生了一个重要的变化,即开始了对野生动植物的驯化。世界上一些地区的部落在处理捕来的野生动物的方式上开始有了变化,他们不是立即杀死这些动物以供眼前的食用,而是把他们喂养起来,驯服它们,并让它们繁殖,以供较长时期的食物、衣料和负载之用。人们也开始驯化挑选出来的野生食用植物,把它们栽种在离家较近的地方而不用到很远的地方去采集它们。

考古学的证据显示,最早的植物栽培很可能是从热带森林地区开始的。那里的人们发现,用原始锄头挖一些坑,把薯类和芋类植物的根或块茎放入坑中,这些植物就能生长起来,提供较多的食物。这就是最早的农业和最早的园艺。

为了准备栽种,人们用刀耕火种的方式清除小片森林。先是把树和其他植物砍倒、晒干,然后放火焚烧,使之变成草木灰,由此给热带地区缺乏养分的土壤添加植物生长需要的养分,再把那些根和块茎放入树桩之间的坑中。这些地块一般只能栽种和收获 2—5 年,以后就再也不能种作物了,因为这时土壤养分已经耗竭,周围森林的植物也开始入侵并密集地生长起来。于是,种地人又转向新的有林地块,开始新一轮的刀耕火种,所以这种种植方式又称游移种植(shifting cultivation)。被抛弃的地块休闲 10—30 年后,又生长起来次生林,土壤肥力也有所恢复,为再次的刀耕火种提供了条件。

这种农业还只是农业的雏形,西方文献称之为生计农业(subsistence agriculture),一般只种植足以养家糊口的作物,仍依赖人的肌肉力量和石器棍棒。这意味着那时的人类只能小规模种植,对环境的影响仍然相对较小。

(2) 农业的发展

真正的农业不同于上述生计农业,它是随着兽力的使用和金属犁的发明而出现的,开始于大约 7 000 年前。犁用被驯化的动物牵引并由人来掌舵,使土地得到翻耕,这不仅大大提高了作物产量,也使人类有能力耕种更大片的土地。肥沃的草原土壤由于其深厚而缠结的根系,原先是不能靠人力耕种的,这时也能够加以开垦了。于是农业向草原地区扩展,这很可能是人类文明中心转移的一大动因。

在一些干旱地区,人类学会了挖掘水渠,把附近的水引入农田灌溉庄稼,人类对水作为资源的认识有了很大的发展,并进一步提高了作物产量。这种靠兽力和灌溉支持的农业通常能收获足够的粮食以保证日益增多的人口的生存,甚至有时还会有富余供出售或储存起来以应付天灾人祸。

显然,男性农夫比男性狩猎者生产的食物更多,因此生计农业向真正农业的发展标志着父系统治盛行起来。

(3) 农业资源开发的社会影响

农业的发展具有几方面的重要影响:①由于食物供给更多、更稳定,人口开始增加;②人类越来越多地清理和开垦土地,开始了对地球表层的控制和改造以满足人类的需要;③由于相对少量的农夫就可以生产出足够的粮食,除养家糊口外,尚有剩余供出售,于是城市化过程开始了,很多以前的农民迁进了永久性的村庄,这些村庄逐渐发展成小镇和城市,并成为贸易中心、行政中心和宗教中心;④专业化的职业和远距离贸易发展起来,村镇

和城市中以前的农民学会了诸如纺织、制陶、制造工具之类的手艺，生产出手工制造的商品用以交换食物和其他生活必需品，于是资源得以流通，自然资源开发利用的环境影响也扩散开来；⑤私有制出现。大约在5 500年前，农民和城市居民之间贸易上的相互依赖，使得很多以农业为基础的城市社会在先前的农村聚落附近逐渐发展起来，食物和其他商品的贸易使得财富不断地积累起来，并促成了对管理阶层的需要，以调节和控制商品、服务和土地的分配，土地所有权和水的占有权成为很有价值的经济资源，于是争夺资源的冲突增加，统治者和军队掌握权力并夺取大片土地，强迫农奴和无地的农民生产粮食，修建灌溉系统，建造庙宇殿堂，很多古代文明就是这样建立起来的。

(4) 环境影响

比之早期的狩猎-采集社会和生计农业社会，以农业为基础的城市社会对环境的影响要大得多。若干文明中心出现了，人口日益增加，需要更多的食物，需要更多的木材作燃料和建筑材料。为满足这些需求，大片森林被砍伐，大片草原被开垦，许多野生动植物的生境被破坏而退化，导致某些物种的灭绝。已开垦地区经营管理不善常常使土壤侵蚀大大加速，森林进一步遭受破坏，牧区出现过度放牧，使曾为肥美草原的地方变成沙漠。水土流失导致河流、湖泊和灌溉渠道的淤塞，很多古代著名的灌溉系统就这样遭至毁灭。

城市中人口集聚，废弃物累积，使得传染病、寄生虫等传播开来。13世纪欧洲流行黑死病(鼠疫)，使当时的人口下降到公元前1 000年的水平。一些地方的水源、土地、森林、草地和野生生物等重要资源基础的逐渐退化，成为使历史上一度辉煌的文明衰落的主要原因。中东、北非、地中海地区在公元前350年到公元580年间都曾经有过经济和文化非常繁荣的农业文明，但这些文明都建筑在掠夺土地资源的基础上，结果终于走向衰落，例如美索不达米亚文明就是如此，中美洲的玛雅文明和中亚丝绸之路沿线的古文明也是如此。农业的发展意味着人类已从狩猎者和采集者那种“自然界中的人”变成了农民、牧民和城市居民这种开始“与自然对抗的人”，虽然其能力还只能“顺天时，量地利”。人类对待自然的态度的这种变化具有深远的意义，很多学者认为这就是今天资源与环境问题的开端。

3. 工业社会的自然资源开发利用

(1) 早期的工业社会

17世纪中叶开始于英国的工业革命，是自然资源开发利用史上的一个里程碑，也是人类历史上最重大的文明进化之一。自此，小规模的手工生产被大规模的机器生产所取代；以牲畜为动力的马车、犁耙、收割机和以风为动力的帆船被以化石燃料为动力的火车、汽车、拖拉机、收割机和轮船所取代。

这些技术革新和发明，在几十年内就使欧洲和北美以农业为基础的城市社会转变为更加城市化的早期工业社会。工业社会(包括后来更先进的工业社会)的基础，从资源利用方式上说就是以人类智慧来提高人均能源消耗量。农业、制造业、交通运输业等都大量使用靠燃烧煤和石油提供动力的机器，替代那些曾经由人力和兽力做的工作。这就大大提高了生产力，促进了商品流通和贸易，对自然资源的开发利用及其环境后果也产生了革命性的影响。

工业发展使流入城市(同时又是工业中心)的矿物原料、燃料、木材、食品等物资大大

增加。其结果是，提供这些资源的非城市地区环境退化、资源耗损，而城市地区则被这些资源利用后的排泄物——烟尘、垃圾和其他废物所污染。

在农村，以化石燃料为动力的农业机械，以不可更新资源为原料的化肥，以及新的植物育种技术，大大提高了农作物的单位面积产量。农业生产力的提高又使从事农业的人数大为减少，于是大批农村人口迁入城市，城市化进一步扩展，废气、废水、废渣和噪声在城市里蔓延开来。

(2) 发达工业社会

第一次世界大战(1914—1918)后，效率更高的机器和规模更大的生产技术发展起来，构成后期工业社会的基础。后期工业社会有以下特征：①生产极大增长，同时利用广告之类的手段人为地制造需求，刺激消费，从而使消费也极大地增长；②对不可更新资源(如石油、煤、天然气、各种金属)的依赖大大增加；③合成材料出现，部分替代了天然材料，而很多合成材料在环境中的分解是非常缓慢的；④人均能源消耗急剧上升。

后期工业社会在自然资源开发利用上所取得的成就使生活在其中的大多数人都获得了可观的利益。例如，发明并大量生产了许多价廉物美的新产品；人均国民生产总值显著上升；农业工业化，使农业劳动生产率大大提高，少数农民就可以生产出满足全社会需求的农产品；卫生、健康、营养、医疗条件大为改善，出生率得到控制，人均期望寿命也显著提高；由于健康条件、生育控制、教育水平、人均收入、老年保险等方面条件的改善，人口增长率也逐渐下降。

有趣的是，今天生活在先进工业社会中的人们，某些生活方式与狩猎-采集社会中的祖先有类似之处。例如，大多数妇女都只有一两个孩子可成年；多数人并不自己生产食物，而是到食品店、快餐店、饭店去“猎取”和“采集”食物；像狩猎者和采集者一样，今天工业化国家中的很多人在有生之年也经常迁居。

(3) 环境影响

发达工业社会在给人类带来巨大福利的同时，也使业已存在的资源问题和环境问题更趋尖锐，并且产生了一些新的问题，这些问题已威胁到人类自身的生存和发展。我们在第一章已详细阐述了这些问题，这里只是指出，这些问题在各种尺度上都存在：①地方尺度上，如污染物甚至有毒物渗入地下水；②区域尺度上，如森林破坏、土地退化、空气污染；③全球尺度上，温室气体(二氧化碳、甲烷等)在大气中累积和臭氧层被破坏所引起的全球气候变化，一些物种已经灭绝，某些资源近于耗竭。

工业化使人类与自然对抗的能力大大提高，人们越来越脱离自然、脱离土地，于是人们(尤其是生活在发达国家城市里的人们)的一个错觉——即人类的作用在于征服自然——更加强化了，工业社会中的人更是“与自然对抗的人”，而且其能力也似乎可以“战天斗地”。很多评论家指出，只要人们继续持有这种世界观，人类就会继续滥用地球生命支持系统，资源问题和环境问题还会进一步恶化。资源基础的崩溃已使许多古代农业文明衰落，在发达的工业社会，农业的工业化、不断扩展的采矿、城市化等等也使得表土、森林、草原、野生生物等可更新资源不断退化，不可更新资源渐趋耗竭，这会不会导致工业文明的衰落呢？

第三节 指数增长与资源演进

从狩猎-采集社会经农业社会到工业社会，人类对自然资源的开发利用经历了漫长的历史过程，把各个社会发展阶段贯穿起来看，可以发现人口数量、资源消耗、环境影响程度都呈指数增长，人类关于自然资源的观念和认识也在不断发展。

1. 指数增长的性质

把历史上各个时期的人口数量标示在坐标图上，这就构成了一条J形曲线(如图3-1)。

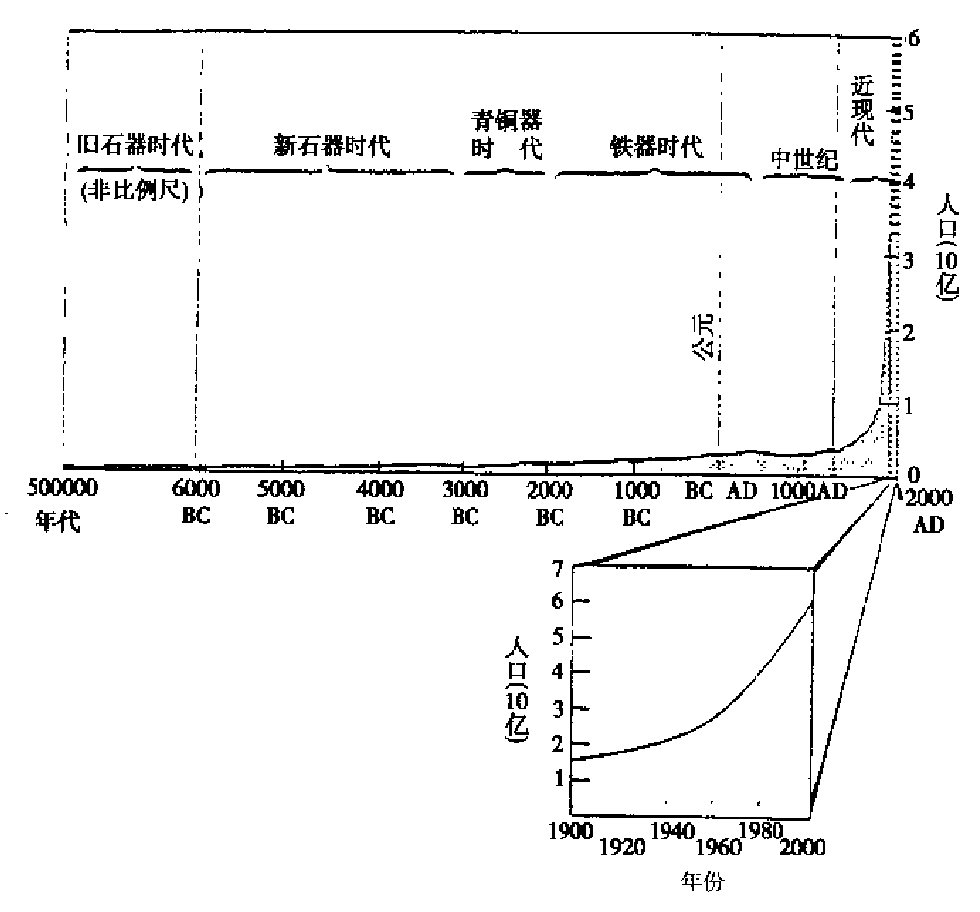


图3-1 历史上的人口增长

有人对不同历史阶段的人均能源消耗也作过估算，把各数值标绘在坐标上，得出如图3-2那样的一条曲线，显然，这也是一条J形曲线。

此外，《增长的极限》一书对世界化肥消耗、世界城市人口、世界工业生产、世界经济增长等都作过统计分析，把不同时期的数值在坐标图上连接起来也都得出了J形曲线。这些J形曲线其实是指数曲线，所以学术界把呈J形曲线的增长称为指数增长。

有一个古代的故事有助于我们理解这种指数增长的性质。阿凡提与国王下棋赢了，国王问阿凡提要什么奖赏，阿凡提只要求在棋盘的第一个方格上放一粒麦子，在第二个方格上放两粒，第三个方格上放四粒，第四个方格上放八粒……一直到棋盘的最后一个(即

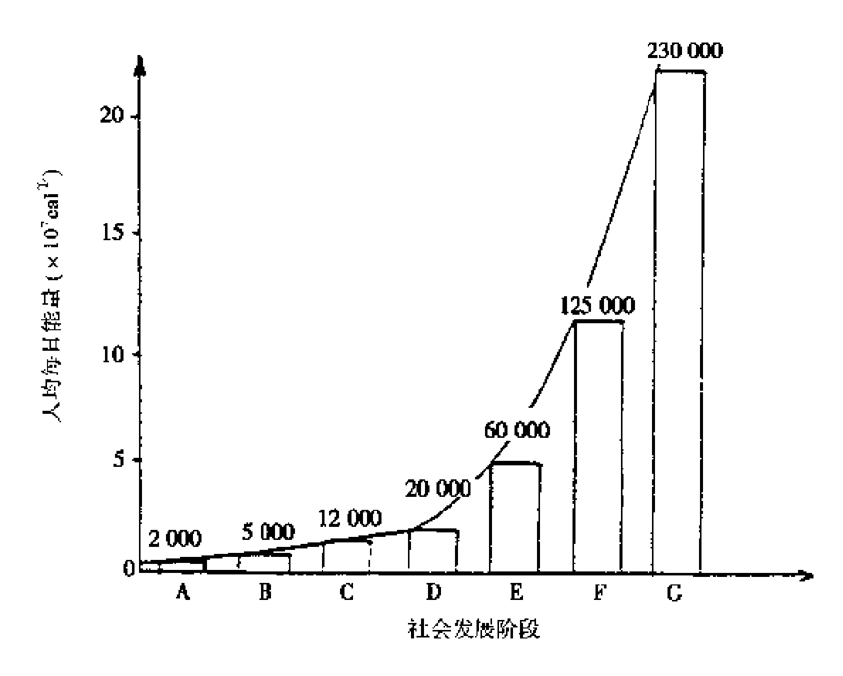


图 3-2　人类各文化发展阶段的人均每日能源消耗
（包括直接消耗与间接消耗）
A:原始人,B:采集-狩猎社会,C:早期农业社会,
D:后期农业社会,E:早期工业社会,
F:现代一般发达国家,G:现代美国

第 64 个)方格。国王大笑,认为这是小事一桩,便欣然同意。后来他明白犯了一生中最大的错误,因为他罄其所有也达不到这个要求。仅仅是在第 64 个方格上,国王就要付出 2^{63} 粒麦子,这是现在全世界小麦年总产量的 500 倍。阿凡提耍弄了国王,他提出的是一个指数级数的和:

$$\sum_{x=0}^{63} 2^x (x \text{ 为自然数})$$

这种指数级数常常给人无足轻重的感觉。它开始的数量很小,但很快就会增长成巨大的数字。例如人口增长,2% 的增长率似乎并不大,但若干年以后的人口数是:

$$A(1+r)^n$$

式中 A 为现在人口基数,r 为增长率,n 为年数;按 2% 的增长率,总数翻一番只需 35 年。凡呈指数增长的事物,其数量翻番的时间约为:

$$70 \div \text{增长率百分数}$$

由此看来,一直呈指数增长的人口数量、资源消耗和环境影响程度若继续下去,总有一天会到达地球生命支持系统的极限。

① 1cal = 4.1868J,下同。

2. 自然资源概念的演变

人类社会进化过程中，人口不断增多，生活水平不断提高，因而对自然资源的需求不断增加；另一方面，人类认识能力尤其是科学技术不断进步，关于自然资源的概念也不断发展，人类对自然资源的开发利用，在种类、数量、规模、范围上都不断前进。表 3-2 对人类社会进化过程中自然资源概念的演化作了一个简单的概括。在石器时代，铜不是资源；在青铜器时代，铁不是资源；狩猎-采集社会里，土地、水流就像阳光、空气一样，并不被看作资源。随着农牧业的兴起和灌溉技术的利用，土地、水也就成为资源了。生物工程技术兴起以前，生物基因未当作资源，但它现在是一个重要的资源。在人类生活水平较低的时期和地区，人们主要注意温饱，资源的概念是物质性的；而当生活水平提高后，人们就把风景、历史文化遗产、民俗风情等审美性的事物也当作资源了。50 年代以前，石油都采自陆地；现在人类已在海洋开采石油。其他资源的开采范围也在向海洋扩展，未来的人类很可能会到月球、火星上去开采资源。“洪水猛兽”曾被看作灾难，但当人类有能力驾驭它们以后，也可以变为资源。

表 3-2 自然资源概念的演变

社会发展阶段	文化时期	人类技术水平	新增的自然资源种类
狩猎-采集社会	旧石器时代	粗制石器、钻木取火	燧石、树木、鱼、兽、果
	新石器时代	精制石器、刀耕火种	栽培植物、驯化动物
农业社会	青铜器时代	青铜斧、犁、冶铜技术、轮轴机械、灌溉技术、木结构建筑	铜、锡矿石、耕地、木材、水流
	铁器时代	铁斧、犁、刀、冶铁技术、齿轮传动机械、石结构建筑、水磨	铁、铅、金、银、汞、石料、水力
	中世纪	风车、航海	风能、海洋水产
	文艺复兴期	爆破技术	硝石(炸药与肥料)
工业社会	产业革命期	蒸汽机	煤的大量使用
	殖民时期	火车、轮船、电力、炼钢、汽车、内燃机	石油
	第一次世界大战前后	飞机、化肥	铝、磷、钾
	第二次世界大战前后	人造纤维、原子技术	稀有元素、放射性元素；石油和煤不仅作为能源，也作为原料
	50 年代后	空间技术、电子技术、生物技术等新技术	更多的稀有金属、半导体元素、遗传基因

另一方面，正如今天大部分十分珍贵的资源在几个世纪以前被认为毫无价值一样，当年很有价值的资源在今天看来可能也没有什么价值。例如某些作为染料用的植物，在染料化工发展起来以前曾是很宝贵的资源，但现在已无太大价值了。

总之，人类社会进化过程中对自然资源的认识和开发利用能力是不断发展的，因此有些学者(主要是历史学家和经济学家)对资源和环境问题的前景持乐观态度，他们认为技术进步能不断改变或扩展资源和环境的极限。

然而,《增长的极限》指出,技术在解决此类问题时是有副作用的。技术是一柄双刃剑,每一种技术都有副作用。当人类掌握了冶炼技术,使金属产品给我们带来极大利益和方便时,也开始了不可更新资源的耗竭过程和环境污染过程;核技术的发展大大改善了能源的供给,但也带来核辐射污染和核军备竞赛的威胁;捕鱼活动的更加机械化和集约化,显著地提高了高品质食物的人均拥有量,却消灭了一个又一个水生物种。诸如此类的副作用还只是有形的、可感受到的问题,技术进步还会产生一系列的社会副作用。例如,绿色革命增加了粮食生产,但在存在经济上不平等条件的地方,绿色革命也趋向于扩大不平等。大农场主通常首先采用新技术,因为他们有这样做的资本,有能力冒新技术实验中的风险。出于直接的经济考虑,必然导致在大农场以机械化代替劳动力,导致吞并更多的土地以扩大经营规模。这种社会经济响应的最终结果是使小农场主破产,增加农业和农村的失业,并使农村人口向城市迁移。由于穷人和失业者的进一步贫困化,他们缺乏有效需求,不可能分享粮食产量增加的好处,甚至更加剧了营养不良。这个例子说明,技术变革需要社会变革的配合,而社会变革必然滞后于技术进步,这种滞后减少了世界的稳定性。迄今为止的技术进步虽然已经跟得上人口和需求加速的步伐,但人类实际上并没有作出应有的努力来提高社会的(政治的、伦理的和文化的)变革速度。

不仅如此,还有一些问题是技术所不能解决的。例如,在城市出现时,土地丰富而廉价,新的建筑和设施不断耸立,城市不断向外扩张,城市的人口和经济产量不断增加。可是这种扩张终究受到有限土地的制约,城市中人满为患、物满为患,城市发展的物质极限已经达到,城市人口和经济的增长似乎将要停止。对此,技术的响应是发展摩天大楼、电梯等等,于是突破了土地面积的限制,城市又进一步增加了更多的人口和产业。然后,密集的人口和社会经济活动使得交通、运输、流通堵塞,新的限制因素出现了。解决的办法又是技术上的,高速公路网、楼顶直升机场、地下运输系统建设起来,运输极限似乎被克服了,建筑物更高了,人口更密集了。现在世界上很多大城市都是这样。然而,这些大城市面临噪声、污染、犯罪、吸毒、贫困、罢工、社会服务崩溃、精神压力增加、人际关系淡漠等等问题,城市的生活质量在下降,这些问题并不是技术可以解决的。技术上的解决办法可以定义为"只是在自然科学技术方面的变革,而未考虑人类价值或道德观念方面的进步。"今天的许多问题并没有技术上的解决途径,例如分配不公、文化冲突、核军备竞赛等。

3. 自然资源限制下的人类社会未来展望

人类社会在经历了狩猎-采集社会、农业社会和工业社会后,进一步的发展已面临严峻的资源与环境限制,其未来将是什么样呢?一些未来学家指出,今后50—75年之间,人类将进入另一个重要的社会发展阶段。从技术发展角度看,可称之为信息社会或后工业社会;而从资源与环境的角度看,未来人类社会有几种可能:

(1) 可持续发展的社会(sustainable development societies),也有人称之为持续地球上的社会(sustainable earth societies)。在这样的社会中,人与自然协调发展,共同为人类也为其他物种维护地球生命支持系统的完善,实现人类与地球的共同繁荣。

(2) 高度发达的技术社会(highly advanced technological societies),或称超工业社会(super-industrialized societies)。这种社会继承工业社会"与自然对抗"的态度,继续以人类的强大技术力量向地球开战,使自然更进一步"人化"。这样,人类有可能更有力地控制自

然，未来人类的物质需求也可能得到满足；但生活在一个人工世界，完全靠人工产品满足物质需求，这样的人类是幸福的吗？当人类陶醉于高技术对大自然的胜利时，安知大自然的惩罚是否正等着人类？人与自然的和谐将不复存在，人类"征服"了地球，人类成了大地母亲的不孝子孙。更为重要的是，人类是否能进行相应的价值观和社会变革？

(3) 高级狩猎-采集社会(advanced hunter-gatherer societies)。由于极度的工业化和人口增长，同时又未能充分保护好资源和环境，使得地球资源耗尽、环境崩溃、经济滑坡、社会动乱，可能还会加上自然灾害、疾病流行、战火遍地之类的突发事件，人类将大量死亡，幸存者寥寥无几，不得不过着类似狩猎者和采集者的生活，不得不回头去再作"自然中的人"。

以上三种预言到底哪一种会实现？我们现在还很难判断，只有让历史来证明。我们现在需要认真对待前面已指出的那些问题，还要密切注意资源与环境问题的新动向，采取新策略。

就环境污染来说，我们迄今还只注意到危害人类健康的几十种常见水、气污染物。它们一般都是可见、可嗅或可测定的，其排放源都是所谓点源，也较容易监测。今后我们需要更多地注意对人类健康具有潜在危害的几千种微量化学剂，它们充斥在空气、水和食物中，大多数很难探测到，各国现行的控制法也很少注意到它们；其中有很多是从无数分散的"非点源"上排放出来的，很难测定，也很难控制。

今后我们还会面临一系列更复杂、更隐蔽、分布更广泛、影响更持久的资源和环境问题，其中很多是全球性的大问题，如全球变暖、臭氧层破坏、海平面上升、酸性大气沉降。要降低全球变暖的程度，就必须急剧减少二氧化碳和其他温室气体的排放，要制止臭氧层的破坏，就必须逐步禁止使用氟氯烃；要减少酸性沉降对森林和湖泊中水生生物的危害，就必须急剧减少二氧化硫和一氧化氮的排放。此类问题就涉及限制使用某些资源和开发替代能源，其中很多重大策略都需要制定国际协议和进行国际合作。

为了保护不可更新资源，使之能持续利用，我们需要大力加强矿物资源的循环利用和重复利用，节约能源，加速开发利用恒定的和可更新的能源。人类必须改变目前的生活方式和消费习惯，凡直接或间接导致资源浪费、环境污染或退化的，都应当抛弃。

野生生物保护应更加重视大型自然保护区，而不是现在这样只重视在动物园和避难所内保护少数濒临灭绝的物种。一个很迫切的重要任务是制止(或至少要减缓)世界上现存热带森林的迅速破坏。人类还需尽最大的努力来恢复已退化的森林、草原、土地，应该积极开展并大力加强恢复生态学(restoration ecology)的研究。

对人口控制、环境治理和资源保护的研究，迄今大部分都是互相独立地进行的，解决一个领域的问题可能引起其他领域的新问题。我们应加深认识这些问题的相互关系，迫切需要对这些问题作综合研究，进行综合治理，制订协调的策略。

人的世界观和态度、行为是造成资源、环境问题的关键，也是解决这些问题的关键。人类必须在思想方式上有大的变革，把与自然对抗、从自然中夺取的态度，改变为与自然协调、利用自然的同时也保护自然的态度；把重视事后治理污染变为重视事前制止污染，防止潜在污染物进入环境，防患于未然。

迄今为止，在对付资源和环境施加于增长过程的自然限制上，技术进步及其应用是如此成功，以至于全部文明都是在围绕着与极限作斗争而不是学会与极限相适应而进展的。

今天,我们肯定技术进步在克服资源环境极限中仍有极大意义,同时必须反对盲目的技术乐观主义。社会欢迎每一项新的技术进步,但在广泛采用这些技术以前,必须回答以下三个问题:

① 如果大规模引进和推广这些新技术,会产生什么物质上和社会上的副作用? 怎样克服这些副作用?

② 在这种发展完成以前,需要进行什么样的社会变革? 如何完成那些社会变革? 完成那些社会变革需要多少时间?

③ 如果这种发展完全成功,并排除了增长的自然极限,那么增长着的系统下一步将会面临什么新的极限? 怎样克服新的极限? 在排除现有极限和面临新极限之间如何权衡?

第四章　自然资源和资源稀缺的性质

第一节　自然资源的概念和类型

1. 自然资源的概念

"资"就是"有用","有价值"的东西,即一切生产资料、生活资料。"源"就是"来源"。经济学认为资源无外乎三种:自然资源、资本资源、人力资源;或者说土地,资本,劳动。有时也把它们称为基本生产要素。其中的资本包括资金、房屋、机器设备、基础设施等,它们在现代经济中是很重要的因素。但究其来源,还是土地和劳动,正如马克思引用威廉·配第的话所说:"劳动是财富之父,土地是财富之母",这里的土地即指自然资源。一些学科对资源作狭义的理解,即仅指自然资源。

较早给自然资源下较完备定义的是地理学家金梅曼(Zimmermann, 1951),他在《世界资源与产业》一书中指出,无论是整个环境还是其某些部分,只要它们能(或被认为能)满足人类的需要,就是自然资源。他解释道:譬如煤,如果人们不需要它或者没有能力利用它,那么它就不是自然资源。看来金梅曼的"自然资源"是一个主观的、相对的、从功能上看的概念。

《辞海》一书关于自然资源的定义是"一般天然存在的自然物(不包括人类加工制造的原材料),如土地资源、矿藏资源、水利资源、生物资源、海洋资源等,是生产的原料来源和布局场所。随着社会生产力的提高和科学技术的发展,人类开发利用自然资源的广度和深度也在不断增加"。这个定义强调了自然资源的天然性,也指出了空间(场所)是自然资源。

联合国有关机构对自然资源的概念作了规定。1970 年的一份文件中指出:"人在其自然环境中发现的各种成分,只要它能以任何方式为人类提供福利,都属于自然资源。从广义来说,自然资源包括全球范围内的一切要素"。1972 年联合国环境规划署指出:"所谓自然资源,是指在一定的时间条件下,能够产生经济价值以提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总称"。可见联合国的定义是非常概括和抽象的。

大英百科全书的自然资源定义是:"人类可以利用的自然生成物,以及形成这些成分的源泉的环境功能。前者如土地、水、大气、岩石、矿物、生物及其群集的森林、草场、矿藏、陆地、海洋等;后者如太阳能、环境的地球物理机能(气象、海洋现象、水文地理现象),环境的生态学机能(植物的光合作用、生物的食物链、微生物的腐蚀分解作用等),地球化学循环机能(地热现象、化石燃料、非金属矿物的生成作用等"。这个定义明确指出环境功能也是自然资源。

还可以列举出一些定义,各有侧重和偏颇,但看来都有一个共同点,即把自然资源看作是天然生成物,而把人类活动的结果排斥在外。实际上现在整个地球都或多或少地带

有人类活动的印记,现在的自然资源中已经融进了不同程度的人类劳动结果。指出这一点很重要,我们在后面有关章节还会论及这一点,这里只是想对自然资源下一个较完备的定义。简言之,自然资源是人类能够从自然界获取以满足其需要与欲望的任何天然生成物及作用于其上的人类活动结果。或可认为自然资源是人类社会生活中来自自然界的初始投入。详析之,自然资源的概念包括以下含义:

(1) 自然资源是自然过程所产生的天然生成物,地球表面积、土壤肥力、地壳矿藏、水、野生动植物等等,都是自然生成物。自然资源与资本资源、人力资源的本质区别,正在于其天然性。但现代的自然资源中又已或多或少地包含了人类世世代代劳动的结晶。

(2) 任何自然物之成为自然资源,必须有两个基本前提:人类的需要和人类的开发利用能力,否则自然物只是"中性材料",而不能作为人类社会生活的"初始投入"。

(3) 人的需要与文化背景有关,因此自然物是否被看作自然资源,常常取决于信仰、宗教、风俗习惯等文化因素。例如依斯兰教徒不食猪肉,印度教徒不食牛肉,某些佛教徒食素,这就决定了他们的"食物资源"的概念。又如非洲一些地区的人把烤蚱蜢看作美味佳肴,而且是他们蛋白质的主要来源之一;这在其他文化背景的人看来是不可接受的。关于资源与环境的伦理在人类与环境的相互关系中起着重要作用。

(4) 自然资源的范畴随着人类社会和科学技术的发展而不断变化,我们在上一章已经提到,人类对自然资源的认识,以及自然资源开发利用的范围、规模、种类和数量,都是不断变化的。同时还应指出,现在人们对自然资源已不再是一味索取,而是发展出保护、治理、抚育、更新等观念。

(5) 自然资源与自然环境是两个不同的概念,但具体对象和范围又往往是同一客体。自然环境指人类周围所有的客观自然存在物,自然资源则是从人类需要的角度来认识和理解这些要素存在的价值。因此有人把自然资源和自然环境比喻为一个硬币的两面,或者说自然资源是自然环境透过社会经济这个棱镜的反映。

(6) 因此,自然资源不仅是一个自然科学概念,也是一个经济学概念,还涉及到文化、伦理和价值观。卡尔·苏尔说过:"资源是文化的一个函数"。如果说生态学使我们了解自然资源系统之动态和结构所决定的极限,那么我们还必须认识到,在其范围内的一切调整都必须通过文化的中介进行。因此经济学、文化人类学、伦理学等都在促进人与自然之间更为和谐的相互作用中起作用。地理学者的特殊贡献在于他们对自然系统与社会系统之会合点的兴趣和认识。

2. 自然资源的类型

(1) 多种分类方法

分类是科学研究的重要方法之一,为了深入认识自然资源,也应当对它加以分类。目前尚无统一的自然资源分类系统,可从各种角度、根据多种目的来分类。例如可根据自然资源的地理特征(即形成条件、组合情况、分布规律,以及与其他要素的关系),分为矿产资源(地壳)、气候资源(大气圈)、水利资源(水圈)、土地资源(地表)、生物资源(生物圈)五大类,各类再进一步细分。有些学者根据用途,将自然资源分为工业资源、农业资源、服务业(交通、医疗、旅游、科技等等)资源。经济学家根据资源的可替代性,分为可替代自然资源和不可替代自然资源,前者如作为人类衣食用途的不同种类的植物和动物,后者如专门生

产某种特殊产品的自然资源。

常见的自然资源分类是分为可更新(renewable)资源与不可更新(non-renewable)资源两大类。生物资源属于可更新的,矿产资源属于不可更新的。恒定性的资源如地表水、潮汐、风能、波浪、地热、太阳能,也列为可更新资源,而地下水(尤其是深层地下水)在很大程度上属于不可更新资源。实际上"可更新"与"不可更新"是相对而言的。土地可年复一年的耕种,从这个意义上说是可更新资源;但若利用不当,及至表土流失殆尽的地步,也就不可更新了。而这种不可更新又是从人类历史尺度上来看的;若从地质历史尺度来看,水土流失后的地表亦可再经成土过程恢复表土,从这个意义上看又是可更新的。矿产资源在人类历史尺度内是不可更新的,但在地质历史尺度内又是可更新的了。基因资源本身是可更新的,但若物种灭绝,也就谈不上可更新了。

因此有的学者主张用"流动性"(flow)或"收入性"(income)来代替"可更新性",用"储藏性"(stock)或"资本性"(capital)来代替"不可更新性"。著名地理学家哈格特提出如图4-1的分类系统。

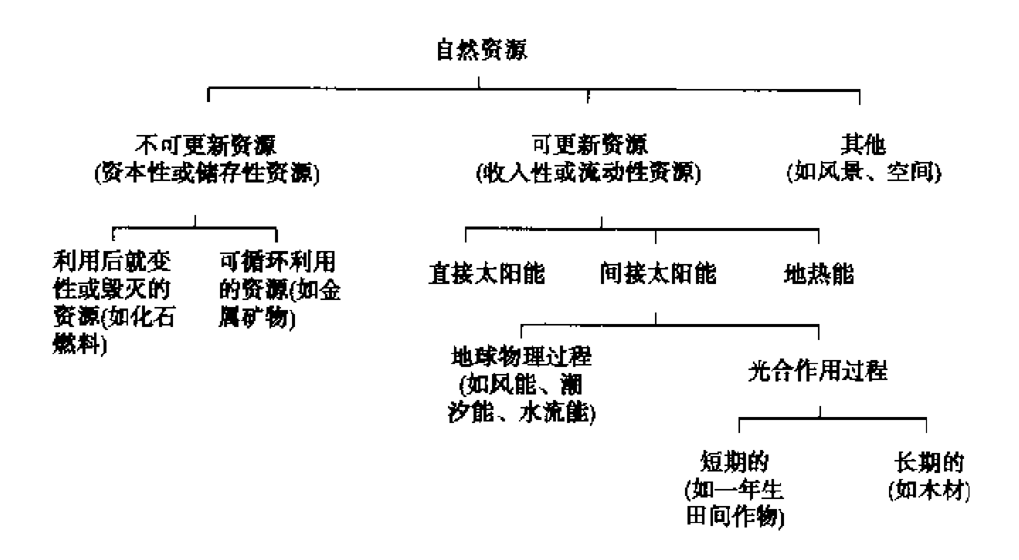


图 4-1 自然资源分类之一

也可以根据自然资源本身固有的属性进行分类,这些属性包括自然资源的可耗竭性、可更新性、可重复使用性以及发生起源等。按照这个思路,可提出如图 4-2 的分类。

可见自然资源的分类无定式,可从不同角度来分,各种分类系统之间亦可有交叉。例如,有人认为对人类最重要的自然资源就是三大类,即食物、原材料、能源。其中能源就涵盖了可更新资源(木材、秸秆、水能),不可更新资源(煤、石油、天然气)和恒定性资源(太阳能、风能、潮汐能、地热能、原子能)。

(2) 几个重要的自然资源类型概念

在以后的课程中,以及在有关自然资源的文献中,最重要的概念是可更新资源(流动性或收入性资源)、不可更新资源(资本性或储存性资源)和恒定性资源。因此,有必要在这里对它们加以定义,其他类型的概念可以顾名思义,或在有关部分再定义。

① 恒定性资源(immutable or perpetual resources):按人类的时间尺度来看是无穷无尽,也不会因人类利用而耗竭的资源。

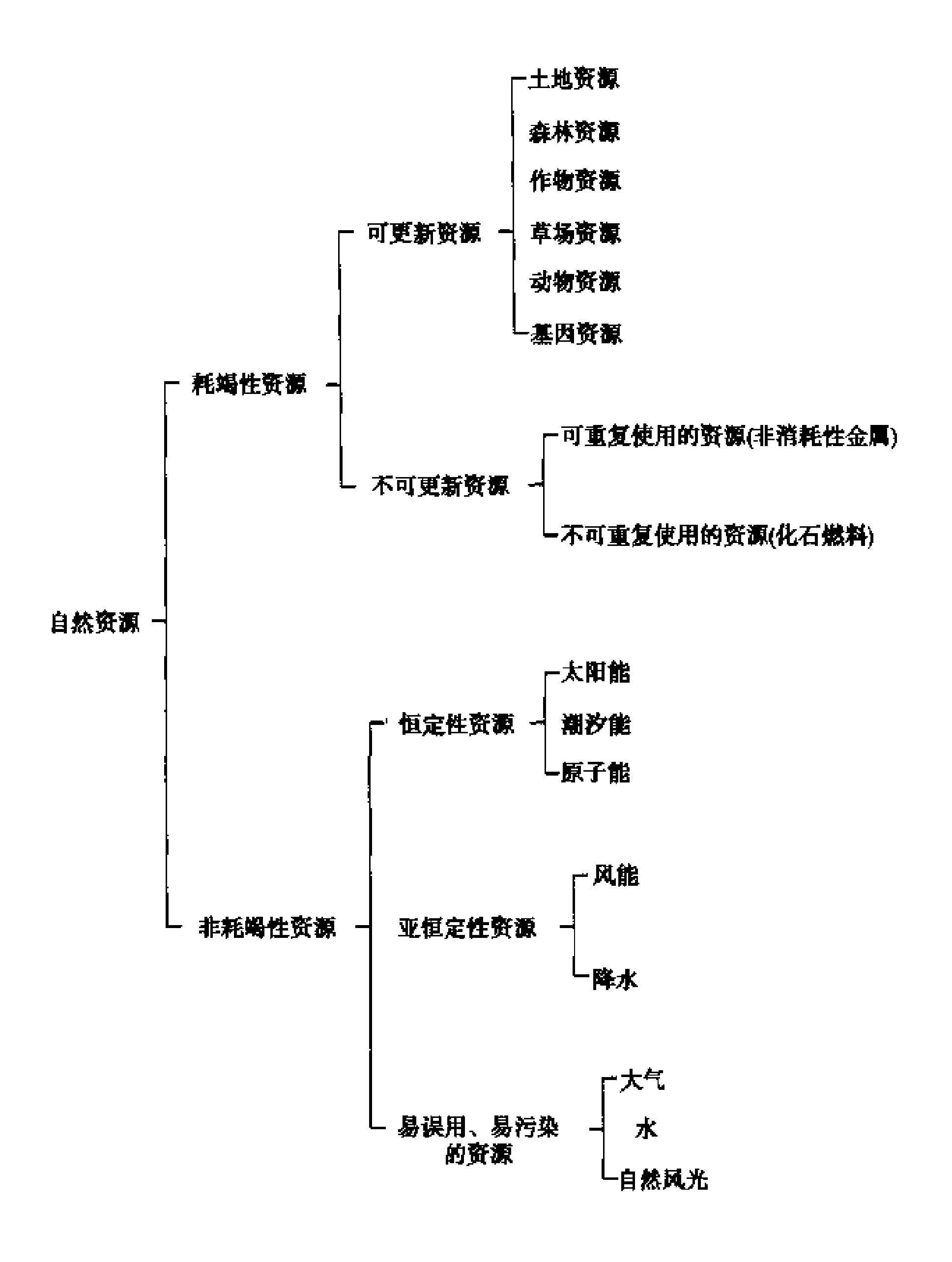


图 4-2　自然资源分类之二

②不可更新资源:地壳中有固定储量的可得资源,由于它们不能在人类历史尺度上由自然过程再生(如铜),或由于它们再生的速度远远慢于被开采利用的速度(如石油和煤),它们是可能耗竭的。

③可更新资源:在正常情况下可通过自然过程再生的资源。如果此类资源被利用的速度超过再生速度,它们也可能耗竭或转化为不可更新资源。

(3) 部门资源的分类问题

再往下分,就涉及气候分类、生物分类、土地分类、矿产分类等问题了。其中生物分类在方法和理论上最为成熟。矿产分类可参照矿物分类,也可根据其用途作如下分类(图 4-3)。

诸如生物资源和矿产资源的分类都有一个共同特点,即分类对象都是明确的个体。

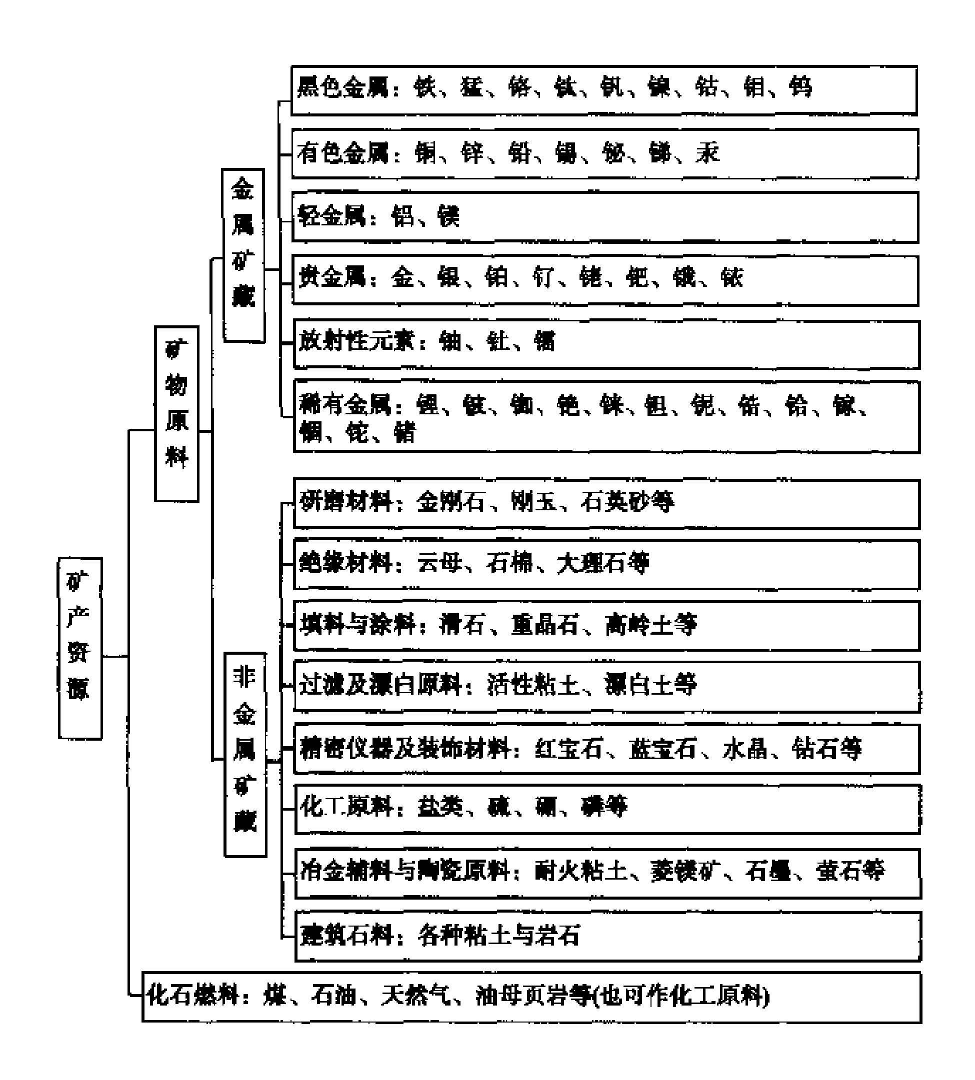


图 4-3　矿产资源的分类

既然分类是对具有共同特性的个体的概括和抽象，那么这种概括的前提就是个体能够明确定义。例如植物分类的个体就是明确的植株，矿物分类的个体也都能独立出来。然而，还有一类自然资源，其个体并非天然明确，例如气候资源，可按柯本的气候分类。但其中有两个问题：①每一气候类型的边界是模糊的，逐渐过渡的；②从资源利用的角度看，每一类型中还有明显的分异；那是一种“大气候”分类，其中还有“中气候(或地方气候)”和“小气候”的分异。

总之，此类分类的个体并非明确，这就给分类工作带来一定的困难。土地资源分类的此类问题和困难就更加突出。

这种资源分类的关键在划分个体。例如土地资源的个体划分(称土地分级)就已约定了以下尺度：土地点(land site)、土地单元(land unit)、土地系统(land system)。

这是不同尺度的土地个体，尺度上相当于气候上的中气候、小气候、微气候。再在同一尺度的个体中进行分类。上述个体划分虽要依照自然规律(地域分异规律)，但不可避免地掺杂一些主观因素，因此常常见仁见智，没有一个如生物分类和矿物分类那样公认的分类系统。

第二节　自然资源的性质

一、自然资源的基本属性

我们已经知道自然资源类型是多种多样的，每种自然资源都有其特性，但所有自然资源也都有一些共性。了解这些基本特性，对于认识人类社会与自然资源的关系具有重要意义。

1．稀缺性

如前所说，任何“资源”都是相对于“需要”而言的。一般说来，人类的需要实质上是无限的，而自然资源却是有限的。这就产生了“稀缺”这个自然资源的固有特性，即自然资源相对于人类的需要在数量上的不足。这是人类社会与自然资源关系的核心问题。

迄今的人口增长表现出一种指数趋势(见图3-1)，就是说不仅人口的数量越来越多，而且增长的速度也越来越快。目前世界人口已超过60亿，而且还在以每年2%的速度继续增长。当然，若纯粹从人口本身所占据的空间看，地球离人满为患尚还遥远。有人作过计算，目前全世界所有的人口都可放在英国的怀特岛上，而且人人皆有立锥之地。还有人作了一种计算，世界上迄今所有的人(活人和死人)，若按每人1.83m高，0.46m宽，0.31m厚计算，全都可容纳进一个长、宽、高分别为1km的大箱子里。问题是人不能像填鸭那样挤在一起；更为严重的问题是地球是否有足够的资源养活无限增长的人口？相对于人口数量的增长，自然资源显然是有限的。人口增长的同时，人类的生活水平也在不断提高(见图3-2)。现代社会人均消耗的资源是古代社会人均水平的若干倍。随着广大欠发达国家的工业化进程，未来全球人均资源消耗的水平还会提高。从这个意义上看，自然资源也是稀缺的。

再考虑人类的世代延续应该是无限的，而某些自然资源(例如化石燃料)是使用过后就不能再生的，这也体现出自然资源的稀缺性。这个道理可以用数学公式很清楚地说明，以不可更新资源为例，设地球上的资源总量为R、人类繁衍的世代数为m，那么每一代人可消耗的资源量原则上是R/m，m趋于无穷(人类应如此打算)，必然有

$$\lim_{m\to\infty}\frac{R}{m}=0$$

此外，还应考虑自然资源在空间分布上的不均衡，以及资源利用上的竞争，那么自然资源稀缺性的表现就更为明显、现实。当自然资源的总需求超过总供给时，所造成的稀缺称为绝对稀缺，以上所论即为绝对稀缺。当自然资源的总供给尚能满足总需求，但由于分布不均而造成的局部稀缺，称为相对稀缺。无论是绝对稀缺还是相对稀缺，都会造成自然资源价格的急剧上升和供应的稀缺，这就是所谓的资源危机。

2．整体性

从利用的角度看，人们通常是针对某种单项资源，甚至单项资源的某一部分。但实际

上各种自然资源相互联系、相互制约，构成一个整体系统。人类不可能在改变一种自然资源或生态系统中某种成分的同时，又使其周围的环境保持不变。

各种自然资源要素是相互影响的，这在可更新资源方面特别明显。例如采伐森林资源，不仅直接改变了林木和植被的状况，同时必然引起土壤和径流的变化，也破坏了野生生物的生境，对小气候也会产生一定的影响。而全球森林（尤其是热带雨林）的减少，已被认为是整个全球环境变化的一个重要原因。

各地区之间的自然资源是相互影响的，例如黄土高原上地资源过度开垦的结果，不仅使当地农业生产长期处于低产落后、恶性循环的状况，也是造成黄河下游的洪涝、风沙、盐碱等灾害的重要原因。

即使是不可更新资源，其存在也总是和周围的条件有关；特别是当它作为一种资源为人类所利用时，必然会影响周围的环境。例如开采铜矿，即使是富矿，其含铜量一般也不超过0.7%左右。这样，每炼出1t铜，就要消耗143t矿石，同时产生142t废渣。此外还要消耗大量能源，据统计，每生产1t铜约需消耗相当于35t煤的能量。开采矿石使土地废弃，排出废物和消耗能源也不可避免地给环境带来影响。

可见自然资源的整体性主要是通过人与资源系统的相互联系表现出来的，自然资源一旦成为人类利用对象，人就成为"人类-资源系统"的组成部分，人类通过一定的经济技术措施开发利用自然资源，在这一过程中又影响环境，人与自然资源之间构成相互关联的一个大系统。

3. 地域性

自然资源的形成服从一定的地域分异规律，因此其空间分布是不均衡的。自然资源总是相对集中于某些区域之中。在这些区域里，自然资源的密度大、数量多、质量好，易于开发利用。相反，必然有某些区域自然资源分布的密度小、数量小、质量差。同时自然资源开发利用的社会经济条件和技术工艺条件也具有地域差异，自然资源的地域性就是所有这些条件综合作用的结果。

自然资源的地域性使得它的稀缺性有了更丰富的表现，并由此派生出"竞争性"的特征。由于自然资源的地域性，各种资源开发的方式、种类也就有了差异，从而使文化打上地域性的烙印。因此，自然资源研究除了针对一些普遍性的问题以外，还要对付各地特有的现象和规律。

4. 多用性

大部分自然资源都具有多种功能和用途。例如煤和石油，既可作燃料，也是化工原料。又譬如一条河流，对能源部门来说可用作水利发电，对农业部门来说可作为灌溉系统的主要部分，对交通部门而言则是航运线，而旅游部门又把它当作风景资源。森林资源的多用性表现就更加丰富，它既可提供原料（木材），又可提供燃料（薪柴）；既可创造经济收入，更有保护、调节生态环境的功能；既可提供林副产品，又是人们休息、娱乐的好去处。自然资源的这种多用性在经济学看来就是互补性和替代性。

然而，并不是所有的自然资源潜在用途都具有同等重要的地位，而且都能充分表现出来的。因此，人类在开发利用自然资源时，需要全面权衡，特别是当我们所研究的是综合

的自然资源系统,而人类对资源的要求又是多种多样的时候,这个问题就更加复杂。人类必须遵循自然规律,努力按照生态效益、经济效益和社会效益统一的原则,借助于系统分析的手段,充分发挥自然资源的多用性。

5. 变动性

正如第三章所论,资源概念、资源利用的广度和深度都在历史进程中不断演变。从更小的时间尺度上看,不可更新资源不断被消耗,同时又随地质勘探的进展不断被发现;可更新资源有日变化、季节变化、年变化和多年变化。长期自然演化的系统在各种成分之间能维持相对稳定的动态平衡(如顶极植被)。相对稳定的生态系统内,能量流动和物质循环能在较长时间内保持动态平衡状态,并对内部和外部的干扰产生负反馈机制,使得扰动不致破坏系统的稳定性。一般说来生态系统的稳定性与种群数量和食物网的结构有关,种群的数量越丰富,系统的结构越复杂,其对外界的干扰也具有越大的抵抗能力,许多进入成熟阶段的天然生态系统就是明显的例子。反之,组成和结构比较简单的生态系统,对外界环境变化的抵抗能力则比较差,如人工农田生态系统,尽管可能具有高产的生产力,但从系统稳定性的角度来看却是十分脆弱的,经营管理上稍有疏忽,杂草、病虫害等就会蔓延成灾。

自然资源加上人类社会构成"人类-资源生态系统",它在不断地运动和变化。在人类-资源生态系统中,人类已成为十分活跃、十分重要的动因,因此系统的变动性就更加明显。这种变动可表现为正负两个方面,正的方面如资源的改良增值,人与资源关系的良性循环;负的方面如资源退化耗竭。而有些变动是一时难以判断正负的,可能近期带来效益,远期却造成灾难。人类不要过分陶醉于对大自然的胜利,而应警惕大自然的报复。人类应当努力了解各种资源生态系统的变动性和抵抗外界干扰的能力,预测人类-资源生态系统的变化,使之向有利于人类的方向发展。

与自然资源变动性有关的两个经济学概念是增值性和报酬递减性。自然资源如果利用得法,可以不断增值,例如将处女地开垦为农田,将农地转变为城市用地,都可大大增加其价值。报酬递减性是指:当对一定量的自然资源不断追加劳动和资本的投入时,很快就会达到一点,在这点以后每一单位的追加投入所带来的产出将减少并最终成为负数。报酬递减性是影响人类利用自然资源尤其是土地资源的一个最重要因素,若无这个客观性质,人类就可以把全部生产集中在一小块土地上,可以在一个花盆里提供全世界的食品供应,可以在一块建筑用地上解决全人类的住房问题。报酬递减性从经济学角度指出了自然资源的限制。

6. 社会性

我们在前文关于自然资源概念的论述中已经指出,资源是文化的一个函数,因此在强调它的天然性的同时,也说明了它的社会性。这里要特别说明一下,由于自然资源中所附加的人类劳动而表现出来的社会性。

当代地球上的自然资源或多或少都有人类劳动的印记,人类"不仅变更了植物和动物的位置,而且也改变了它们所居住的地方的面貌和气候,人类甚至还改变了植物和动物本身。人类活动的结果只能和地球的普遍死亡一起消逝"(马克思)。今天,在一块土地上耕

耘或建筑，已很难区分土地中哪些特性是史前遗留下来的，哪些是人类附加劳动的产物。有一点是可以肯定的，史前的土地决不是现在这个样子。深埋在地下的矿物资源，边远地区的原始森林，表面上似乎没有人类的附加劳动，然而人类为了发现这些矿藏，为了保护这些森林，也付出了大量的劳动。按照马克思的说法，人类对自然资源的附加劳动是“合并到土地中”了，合并到自然资源中了，与自然资源浑然一体了。自然资源上附加的人类劳动是人类世世代代利用自然、改造自然的结晶，是自然资源中的社会因素。

二、自然资源的性质

1. 资源价值的相对意义

离开了人类、人类社会和地理环境，谈自然资源就毫无意义。自然资源从本质上说是自然环境和人类社会相互作用的一种价值判断与评价，是以人类利用为标准的。正是人类的能力和需要，而不仅仅是自然界的存在，创造了资源的价值。

自然资源的价值响应于知识的增加、技术的改善、人类需求的变化和文化的发展而随时变动。虽然地球的总自然秉赋本质上是固定的，但资源却是动态的，没有已知的或固定的极限。迄今的资源利用史一直是不断发现的历史，对基本自然资源的定义在不断拓展。旧石器时代的人类所知的资源不多，天然可得的植物、动物、水、木头和石头是那时的全部基本资源。新石器革命，以及后来在苏美尔、埃及和中国产生的以金属冶炼技术，既扩展了人类的自然资源领域，又开始了经济、社会和文化结构变化的累积过程。此过程中的每一阶段都产生了对产品和服务的一系列新需求，这又反过来刺激技术革新，并导致对自然环境要素有用性的重新评价。然后，技术和经济的变化又影响社会结构，如此循环往复。

历史上的技术革新，从原先无价值或未利用的自然物质中再创造出各种资源。例如，由于1886年霍尔-埃鲁[①] 电解精炼工艺流程的发明，使得铝的商业性萃取成为可能，于是铝矾土取得其资源地位。更近的事是核动力的发展，无论是出于军事目的或用于发电，都创造出铀矿的资源价值。然而，对这一点不能强调得太过分，因为知识和技术技能仅仅创造出一些机会，它们并不是决定性的力量。此类机会实际上能否被抓住，首先取决于对最终产品需求的强度，其次取决于组织经济系统的方式，再次取决于对维持已建立技术起作用的既得利益。例如，从可更新来源(潮汐、风、太阳)中产生可用能源的技术已经存在，但这不一定就能保证它们会被大规模采用来替代不可更新能源。

同样，自然界中环境质量资源的价值虽然不直接伴随技术和经济条件而变化，但响应于人类价值、渴望和生活方式的变化，而不断产生新的意义。“环境保护主义者”理想的加强，主要是对所感受到的工业化“病态”的反应，而这种感受的根据是人与自然关系的分离，生命支持系统的扰动，或者传统社会结构的崩溃，这些因素都间接地影响到人类对环境质量资源的看法。因此，环境价值从来不是静态的，而是相对于世界经济、生活水准的

---

① Hall-Heroult。霍尔，Hall, Charles Martin(1863—1914)，美国化学家，发明电解制铝法，从而使铝广泛用于工业。埃鲁，Heroult, Paul-Louis-Toussaint，(1863—1914)，法国化学家，发明广泛用于炼钢的电弧炉；与霍尔同时发明电解制铝法。经过长期的专利权诉讼后，两位发明家达成协议，电解制铝法以霍尔-埃鲁命名。埃鲁还以埃鲁电炉著称，这种电炉先在欧洲广泛用于炼制铝和铁合金，后流传于全世界。

境质量资源的看法。因此,环境价值从来不是静态的,而是相对于世界经济、生活水准的起落及其环境影响或升或降。随着世界持续增长期(19世纪90年代、20世纪20年代、50年代后期和70年代早期)的结束,对新技术的效应和工业扩展步伐的效应所涉及的环境代价有了更加清楚的认识。此外,随着人们越来越相对富足,他们才有能力将注意力转向非物质的价值。

文化组群空间分化的结果是,即使在同一时期,关于基本自然资源也没有完全一致的定义;在一种社会中具有很高资源价值的东西,在其他社会很可能只是"中性材料"。评价资源的方式在空间上也千差万别。然而,现代通讯系统和世界经济体系中所有国家之间日益增加的相互依赖,已使金属和能源矿产的定义显著地趋于一致;现在这些资源在很大程度上是按照发达国家的技术和需求来定义的。迄今占优势的资源价值评价很少考虑诸如景观和自然生态系统那样的环境质量资源。现在已充分认识到,自然环境要素的文化意义在各社会之间显著不同,对那些满足美学需要的资源所赋予的价值或优先权,与一个国家的物质财富大有关系。

虽然在个别社会中,对自然保护、景观的重要性或对河流和大气的质量,会有某些广泛认同的概念,但对特定的环境组分却不一定有一致的价值判断。对某个人可能是具有真正重要价值之资源的组分,对另一些人则可能是代价高昂的阻碍或者是毫不相干。例如沼泽地的积水地段,生态学家和鸟类看守人会看成是至关重要的自然保护区,农民会看成是降低农业生产力的讨厌之处,而对失业的城市居民来说则根本不相干。正是这些价值判断的区别,成为当前关于环境资源之利用和配置有如此众多冲突的核心问题。

2. 储存性资源的性质

储存性资源最终可利用的数量必然存在某种极限,虽然我们现在既不知道这个极限在何处,也不知道如果这个极限达到时所余物质是否仍可看作是资源。关于储存性资源的性质,有必要区分两种类型,一类是"使用后就消耗掉的",另一类是可循环使用的。

"使用后就消耗掉的"类型中包括全部化石燃料,其当前的消费速度必然影响未来的可得性。因此一个关键的管理问题是:时间上最佳的利用速率是什么?这个问题在有关文献中一直有很多争论,并没有大家都认同的简单答案。只有在完全竞争市场体系运作的理想世界中,对个别资源储备才可能建立起可实现最佳消耗途径的条件。这种理论性的方法不仅必须适应所谓市场体系不完备的考虑,此外还必须考虑整个下述概念:最佳的消耗速率有赖于定义"最佳性"的方式,有赖于假设资源管理者将确实力图达到最佳。在现实这个模糊不清的复杂世界里,并不存在任何最佳的消耗速率;在资源所有者、开发者和使用者的视角、需求和目标都大异其趣的情况下,也不可能存在。

已经存在使大多数金属能再使用很多次而只有少量损失的技术。那么,考虑地壳中所余的金属和暂时储存在产品中的金属,总储备必然在原则上永远保持不变。这在概念上也适用于所有非金属元素矿物,例如钾碱(氢氧化钾),但是在这种情况下,即使笃信人类技术创造力的乐观主义者,也会承认所有这些矿物实质性恢复的前景是暗淡的。即使是金属,完全循环的理想也只能保持在理论上。熵的热力学定律表明,使用一定物质的最后趋势是混沌(即资源的不可得性);换言之,矿物在使用中最终会变得太分散,并与杂质混合,从而不可恢复。更为重要的是,再使用是一种能源密集的活动,严重依赖(至少是在

目前)"使用后就消耗掉的"资源。

3. 流动性资源的性质

关于流动性资源的性质,有似乎独立于人类活动的流动性资源,有当使用不超过其繁殖或再生能力时可无限更新的流动性资源,在两者之间有必要加以区别。

相当一部分可更新资源都可能被掠夺到灭绝的程度,这就是所谓临界带(critical zone)资源。如果使用的速率超过自然更新的速率,那么此类资源就可能像矿产资源一样实际上是在"被开采"。在某一点(即临界带)上,耗竭过程可能会被推进到如此之远,以至于即使全部掠夺活动已经停止,供给流的自然恢复也不可能再发生。显然,其可更新依赖生物繁衍的大多数资源都属此类。当植物、动物和鸟类群落变得稀少而分散时,它们就不仅不能繁衍,而且会对捕食者更加脆弱。众所周知,过度地捕捞、狩猎、污染以及生境的破坏,已严重地降低了很多物种的可更新能力,可以举出无数实例说明随着掠夺性开发的是其最后结局——灭绝。例如,迄 1968 年,全球已知灭绝的哺乳动物有 36 种,鸟类有 94 种,另有 311 个物种归为严重危急者。

除这些生物资源外,土壤和蓄水层也会具有临界带。土地一旦被过度使用和误用到由于土壤侵蚀、盐碱化和沙漠化而退化,就绝不能保证在与人类活动相应的时间尺度内发生恢复过程,无论是自然的恢复还是通过有计划的补救措施。联合国最近承认,其加强的荒漠化计划已经不能控制退化过程,不能恢复重要地区受损害的土地。这清楚地表明,土壤实际上可因为人类利用而从流动性资源转变为短命的储存性资源。类似地,当蓄水层(例如下伏在萨赫勒地区的蓄水层)具有残留物特征,是过去气候状况的产物时,它们也可能会被开发到耗竭的程度,决无希望在几百年内恢复。

非临界带的资源尽管有人类活动干预也仍然可更新,虽然某些会由于过度利用而暂时耗竭。河中的水流会由于过度提取而减少,水体降解废物的能力会由于太多的营养物和污水注入而毁灭,地方大气资源的质量会由于污染物排放而下降。在所有这些情况中,流量和质量水平都是自然形成的,而且一旦使用速率控制在再生或同化能力之内就可迅速恢复[①]。曾经认为太阳、潮汐和波浪所产生的能量流规模不会受人类的影响,虽然从中获得的有用能源是人类决策和投资的一个函数。然而,关于进出的辐射流是否会由于把大气圈用作废物排放而受到人为的影响,在 20 世纪 70 年代引起了激烈的科学争论和政治争论。臭氧层吸收紫外线辐射,并显著地影响到世界气候。像氟利昂——用作制冷剂和喷罐的喷雾剂——那样的污染物,已被设想为会减少臭氧集聚从而增加辐射的进入水平。的确,最近的研究已揭露出极地同温层中臭氧的耗损。同样地,主要因化石燃料消耗而导致的二氧化碳等温室气体在大气下层的日益集聚,可能会由于妨碍反射能逸散到空间而具有所谓的"温室"增暖效应。虽然对温室效应还没有明确的证明,但堆积如山的科学证据支持以下观点:正在积累的温室气体(二氧化碳、氟利昂、甲烷、臭氧)在 21 世纪将产生可度量到的气候变化。如果情况确实如此,那么没有任何可更新资源会在人类活动影响之外。

---

① 但是对某些污染物,生物降解是非常缓慢的;这些污染物在已经停止排放后的很长时期仍然保留在环境中。因此,对这些污染物来说,环境的同化能力只是在很长的时间里才是可更新的。

流动性资源耗损和退化的许多问题之所以恶化,因为它们常常是公共财产或公共场所。这就是说,它们不能为任何个人或私营企业专有。传统上一直把它们看作是不会耗竭的,所有的人都可免费获取的。人们对资源保护和减少污染没有积极性,所发生的技术变化一直假设它们可继续免费获取。诸如鱼、飞鸟、水和空气这样的资源都是在极大范围内不可分割的;没有哪一个用户能支配其供给,控制其他用户的数目或他们获取的数量。因此,短期内生产过度或利用过度的事就常常发生,形成长期耗竭的危险。当然,除此以外,可更新资源持续压力后面的原因是复杂的,需要认识自然系统、社会经济关系、政治权力、制度障碍等方面的问题,不可能找到简单的解释和简单的解决办法。

第三节　资源稀缺的本质

虽然自然资源总有一个极限,但资源稀缺问题不单是这个自然极限造成的,人类的不合理利用、不适当的管理、人口增长过快、经济-社会结构的不适应、科学技术的欠缺等等因素,才是资源稀缺最主要的原因。对资源稀缺的本质,需要分别从全球和区域两个尺度上认识。

1. 全球性资源稀缺的本质

现在一般认为,在可预见的将来,世界经济发展并不会由于储存性资源可得性的限制而突然停滞,尤其发达国家不会造成任何有意义的矿产稀缺问题。很多关于世界矿产资源即将枯竭的预言,虽然在理论上不无根据,但至少在最近的将来还是一种"狼来啦"式的警告。

1950 年曾有"世界铁矿储量会在 1970 年以前耗竭"的预言,事实证明这种预测是多么不准确,其实 1970 年前储量的增加足以使那时的消费水平再维持 240 年。对多数矿产而言,新发现和技术、经济变动使探明储量增加的速度一直超过(或至少持平于)消费量的增加速度。表 4-1 清楚地表明,所有常用非燃料矿物的实际情况确实如此,这也适用于石油和天然气。现在的世界石油消费量比 1940 年高出 7 倍,但探明储量与年消费量之比并未下落。相反,1940 年的这个比值显示全世界的供给会在约 15 年内耗竭,而今天的比值则表明还有 30 年以上的寿命。即使假设无新的发现,实际的石油储量能维持的时间也比储量-消耗量之比所表示的长得多。因为任何油田在发现时所公布的探明储量都是高度保守的估算,而当生产实际进行时都会无例外地向上修正。储量的增加过程表明,任何一年公布的储量都对实际情况打了 3 倍以上的折扣。显然,这种修正过程从根本上影响到储量与产量之比值和期望寿命之估算,如表 4-2 所示。

从国家尺度上看,也可以说明迄今探明储量的增长超过消费量的增长。美国内政部在 1939 年曾预测其国内石油储量将在 13 年内耗竭,然而后来储量的增加一直与年产量的增加同步。虽然美国探明储量相应于重大新发现而不断波动,但过去 40 年里总保持比产量大 9—15 倍之间的水平。我国主要矿产累计探明储量增长的情况(表 4-3)也反映出迄今探明储量的增长超过消费量的增长。

表 4-1　几种矿产的累计产量和已知增加的储量(1950—1974)(t)

矿种	1950 年储量	1974 年储量	1950—1974 年累计产量	1950—1974 年增加储量[①]
石棉	3.09×10^{7}	8.7×10^{7}	6.2×10^{7}	1.1×10^{8}
铝矾土	1.9×10^{9}	1.6×10^{10}	8.5×10^{8}	1.5×10^{10}
铬	1.0×10^{8}	1.7×10^{9}	9.6×10^{7}	1.7×10^{9}
钴	7.9×10^{5}	2.4×10^{6}	4.4×10^{5}	2.2×10^{6}
铜	1.0×10^{8}	3.9×10^{8}	1.1×10^{8}	4.0×10^{6}
金	3.1×10^{4}	4.0×10^{4}	2.9×10^{4}	3.7×10^{4}
铁	1.9×10^{9}	8.8×10^{10}	7.3×10^{9}	7.6×10^{10}
铅	4.0×10^{7}	1.5×10^{8}	6.3×10^{7}	1.7×10^{8}
锰	5.0×10^{8}	1.9×10^{9}	1.6×10^{9}	1.6×10^{9}
汞[②]	1.3×10^{5}	1.8×10^{5}	1.9×10^{5}	2.5×10^{5}
镍[②]	1.4×10^{7}	4.4×10^{7}	9.4×10^{6}	3.9×10^{7}
磷	2.6×10^{9}	1.3×10^{10}	1.3×10^{9}	1.2×10^{10}
铂	7.8×10^{2}	1.9×10^{4}	1.7×10^{3}	2.0×10^{4}
钾	5.0×10^{9}	8.1×10^{10}	3.0×10^{8}	7.6×10^{10}
银	1.6×10^{5}	1.9×10^{5}	2.0×10^{5}	2.3×10^{5}
硫	4.0×10^{8}	2.0×10^{9}	6.1×10^{8}	2.2×10^{9}
锡	6.0×10^{6}	1.0×10^{7}	4.6×10^{6}	8.6×10^{6}
钨	2.4×10^{6}	1.6×10^{6}	7.6×10^{5}	4.3×10^{4}
锌	7.0×10^{7}	1.2×10^{8}	9.7×10^{7}	1.5×10^{8}

① 计算方法:累计产量加 1974 年产量加 1974 年储量减 1950 年储量。
② 欧、亚社会主义国家的储量数据不完备。
资料来源:Tilton, 1977, p.10。

表 4-2　石油储量寿命的鉴识过程(1950—1988)

年份	A 基于公布储量(各年)的储量寿命(a)	B 基于评估储量(各年)的储量寿命(a)(1978 年计算)	C 基于评估储量并假设年使用量增加的储量寿命	消费年增长率(%)
1950	24.7	95	19.2	5.41
1951	23.8	91	17.6	6.50
1952	25.9	90	18.9	6.74
1953	27.8	84	20.3	6.76
1954	31.3	84	22.7	6.97
1955	33.5	75	23.4	7.77
1956	37.6	75	25.6	8.28
1957	40.4	73	27.7	8.13
1958	41.6	75	30.2	6.95
1959	41.0	72	28.7	7.71
1960	38.9	66*	27.6	7.38
1961	38.0	64*	28.1	6.55
1962	35.3	63*	25.5	7.08
1963	34.7	58*	25.0	7.08
1964	33.0	55*	23.3	7.51
1965	32.0	53*	23.2	6.94
1966	32.0	51*	23.3	6.88
1967	31.7	53*	23.0	6.98
1968	30.6	46*	20.7	8.37
1969	34.0	46*	23.8	9.75
1970	32.4	45*	22.4	7.06
1988	22.3	40*	38.7	0.40

* 这些年份的整个鉴识过程很难完备。
资料来源:Odell and Rosing, 1983, 43 页;又据 Odell, 1988 补充。
注:列 A 和 B 给出储量与产量的比值,并假设消费保持在那年的水平上;列 C 给出的比值考虑了过去整个十年石油消费的平均增长百分率。

表 4-3 中国主要矿产累计探明储量增长情况

矿产名称	计量单位	截止 1978 年底累计探明储量(A)	截止 1994 年底累计探明储量	1978—1994 年新增探明储量(B)	B:A
煤	10^8 t	7 464.80	10 310.00	2 845.20	0.28
石油	10^8 t	68.14	170.00	101.86	1.49
天然气	10^8 m^3	2 300.00	12 128.50	9 828.50	4.27
铁	矿石,10^8 t	413.40	517.00	103.60	0.25
锰	矿石,10^4 t	267.40	65 238.80	38 498.80	1.44
铬	矿石,10^4 t	909.10	1 320.50	411.40	0.45
钛	TiO_2,10^4 t	33 398.00	59 661.60	26 263.60	0.79
铜	金属,10^4 t	5 414.40	7 176.20	1 761.80	0.33
铅	金属,10^4 t	3 244.30	4 199.20	954.90	0.29
锌	金属,10^4 t	5 162.40	10 742.30	5 579.90	1.08
铝土矿	矿石,10^8 t	10.10	23.370	13.27	1.31
镍	金属,10^4 t	792.60	867.70	75.10	0.09
钨	WO_3,10^4 t	391.40	637.50	246.10	0.63
锡	金属,10^4 t	240.30	334.10	91.80	0.39
钼	金属,10^4 t	417.80	885.10	467.30	1.12
锑	金属,10^4 t	157.00	343.40	186.40	1.19
铂族金属	金属,t	240.30	334.10	93.80	0.39
金	金属,t	948.70	5 415.60	4 466.90	4.71
银	金属,t	40 949.10	122 550.00	81 600.90	1.99
萤石	CaF_2,10^4 t	9 566.70	143 82	4 815.30	0.50
菱镁矿	矿石,10^8 t	27.46	31.34	3.88	0.14
耐火粘土	矿石,10^8 t	17.56	22.35	4.79	0.27
盐	NaCl,10^8 t	474.56	4 034.39	3 559.83	7.50
硫铁矿	矿石,10^8 t	27.94	48.48	20.54	0.74
磷	矿石,10^8 t	89.31	163.39	74.08	0.83
金刚石	矿物,10^4 t	202.00	472.20	270.20	1.34
晶质石墨	矿物,10^4 t	12 924.30	17 670.00	4 745.70	0.37
重晶石	矿物,10^4 t	4 549.10	37 246.70	32 697.60	7.19
滑石	矿物,10^4 t	6 573.40	26 663.50	20 090.10	3.06
石棉	矿物,10^4 t	5 835.90	9 725.60	3 889.70	0.67
石膏	矿石,10^8 t	51.79	576.90	525.11	10.14
水泥用石灰岩	矿石,10^8 t	183.90	503.50	319.60	1.74
高岭土	矿石,10^4 t	9 621.00	136 872.00	12 725.10	1.32
膨润土	矿石,10^4 t	9 606.00	248 231.00	238 625.00	24.84

资料来源:宋瑞祥,1997,273~274 页。

就全球范围来看,流动性资源的极限也不是目前最严重的问题。无论是马尔萨斯的世界末日,还是罗马俱乐部的悲观预言,都没有被历史所证实。世界人口近一二百年来是快速增长的,现在已是马尔萨斯时代的 5 倍,世界粮食产量增长的速度甚至更快,两者似乎都并没有受到土地和其他资源的限制,至少迄今是这样。同时,自然资源商品本身的产量也是在不断增长的。在过去的 20 年里,农产品的世界产量都在持续增长,其价格实际上在下降。仅从价格来看,这类资源似乎愈来愈不缺乏。欧美发达国家,实行农业补贴政策,鼓励农民不要生产超过配额的农产品。即使是一些第三世界国家,目前也存在着农产品过剩的现象。

但是,全球生态圈正受到严重威胁。人类不可能不断地将环境用作废物堆放处而不

损害生命自身赖以存在的生物-地球化学循环。众所周知,化石燃料的燃烧不断增加大气中的二氧化碳,改变着碳的循环,而由于吸收二氧化碳的森林广泛消失,这一过程就更加有害。这种额外的二氧化碳在大气中积聚到了多大的比例?它正在影响太阳辐射的转换吗?它是否会引起严重不利的气候变化?海洋能吸收更多的二氧化碳吗?这能抵消二氧化碳的积聚吗?这对海洋生态系统的长期影响将如何?在了解人类是否正在毁灭自身的生命支持系统以前,很难要求对这些至关重要的问题给出答案。如果说这种对人类生存的担忧是过分夸张了,那么任变化过程继续下去的心不在焉的态度就更值得怀疑。

传统的经济发展模式单纯追求量上的增长,认为消费有利于生产,这使得人们以追求物质上的享受为重,特别是70—80年代世界经济增长达到顶点,人类的消费也达到空前的水平。但是这种高消费的追求是以资源的过度消耗为代价的,其结果是与之有关联的经济增长不能持续。这迫使人们重新思索目前的经济增长模式、消费水平和资源利用方式。对此,发展中国家需要避免工业化国家以资源、环境为代价的增长模式,提倡适度消费,建立节约型的国民经济体系,扭转"超前消费"、"攀比消费"以及高消耗的粗放型发展经济模式,以利于国民经济持续稳定地增长。而欧、美、日等所谓的"后工业化"国家,出现了从更多的物质享受转向更多的服务和精神享受的趋势,后者需要较少的物质性资源投入,有利于整个社会的持续发展。

2. 地区性资源稀缺的本质

在国家和区域尺度上,资源稀缺、贫困和饥饿广泛存在。这些问题并非是因为全球自然资源达到了极限,而是在很大程度上归咎于全球自然资源分布的不均衡、国际经济秩序的不合理、内部经济-社会体制不适应、经济发展水平差异、分配不公以及其他的政治、军事文化等原因。特别是像中国这样一个人口众多、人均自然资源占有量处于世界后列,经济上又正处于一个高速增长阶段的国家,自然资源稀缺的问题更显得突出,且在相当长的一段时间内都不会有根本的改善。

(1) 资源分布与经济发展差异造成的稀缺

资源利用是不平等的。首先,资源的地理分布是不平衡的。一些国家可能拥有丰富的矿藏和森林,而另一些国家则拥有迷人的沙滩和休闲胜地。其次,经济发展阶段和资源开发的历史是不同的。发达国家由于长期的资源开发,已经在相当程度上消耗了他们自己的优质低价资源。现在,他们利用其先进的技术、雄厚的资金和强权政治甚至武力,剥削和掠夺其他地区的资源。而很多发展中国家却处在以初级产品生产为主要经济支柱的阶段,严重依赖自然资源的开发,依赖发达国家的技术、资本和政治支持。第三,经济发展水平和人口分布的差异,造成人均资源消耗大不一样,如一个美国人每年消耗的能源是一个印度人的35倍,消耗的水量是一个加纳人的70倍。总的来看,发达国家的人口占世界总人口的1/5,但消耗了世界资源的2/3。

这种资源分布、消费和生产在空间上的不一致,就会引起区域性资源稀缺,无论是富国还是穷国都有一定的资源稀缺问题。

(2) 地缘政治造成的资源稀缺

70年代石油输出国组织的联合行动,造成全球石油危机,对发达国家的冲击尤其剧烈。20世纪50—80年代社会主义与资本主义两大阵营的对垒,更是出于地缘政治的考

虑,对一些重要的战略资源实行封锁和禁运。目前,国际社会中存在的一些局部(如伊拉克、波黑、古巴等)的封锁和禁运,从某种意义来说,也属于地缘政治的原因。遭受封锁和禁运的国家或多或少都面临着资源稀缺问题,有的还相当严重,连人民维持生存所必需的物质资源都感到匮乏。

但是,历史反复证明,这种原因造成的资源紧缺只是短期的和局部的,如60—70年代,美苏对中国的禁运和封锁最终以失败而告终。特别是80年代末以来,东西方对峙的局面已不复存在,南南关系、南北关系虽然也有矛盾的一面,但世界经济的联系却越来越密切,随着经济全球化的发展,各国、各地区相互之间的依赖程度越来越大,地缘政治的作用只会越来越小。

(3) 经济原因造成的资源稀缺

在理想的市场经济体制下,资源稀缺是通过涨价来平抑需求、刺激供给而来克服的。但是,这个过程取决于人民是否能够承担价格波动所产生的冲击。相对而言,大多数发达国家的经济系统更接近这类理想的市场经济体制,因而有能力作出适当的调整,以克服一些特殊资源的稀缺。但是,在贫困地区和国家,人民生活水平很低,价格上升往往使人民购买力下降,甚至影响基本生活的维持。因此,涨价不仅克服不了稀缺,反而加重了稀缺。不过这种稀缺并不意味着自然的限制,而是由于经济原因即消费者缺乏有效的需求以调动各种投资去克服稀缺。

对贫困地区或国家而言,当市场上的资源产品与免费的天然可用之物竞争时,改善供应就更加困难。例如,地方河流可以代替自来水,尽管河水已高度污染;在附近的荒野里采樵可以代替在市场上购买燃料。政府出于保护人民身体健康和保护环境与资源的愿望,当然不愿意公众利用这些"替代品",但又很难投资改变这种状况,因为投资解决这类问题是以减少工业、农业或其他部门的投资为代价的。资金缺乏是落后地区和国家普遍存在的问题。这样,它们就很容易陷入环境与贫困不能兼顾的困境之中。在埃塞俄比亚或尼日尔的乡村地区,因采樵而使森林遭到严重破坏,从而使薪材更显稀缺,市场上柴价上涨,增加了各家开支,影响了农民生活。政府推广高效燃料炉,以帮助农民缓解燃料紧张,但终因成本太高,收效并不明显。

很多第三世界国家为了发展生产改善生活,还经常从非常紧张的财政预算中拨款对灌溉和生活用水实行补贴。由于所收取的费用很低,大大刺激了人们的用水,不仅没有缓解水资源稀缺,反而使得需求量大增,稀缺更显严重,特别是在需水高峰期,水不得不严格配给。同时,一些水利设施投资建成后,收益比计划的要低得多,以至于补贴成为国家的巨大财政负担,许多国家对这些水利设施的运转和维持也不堪重负,水资源稀缺更加严重。这在中国、埃及等国家都是普遍存在的现象。

靠出口本国资源和初级产品的发展中国家,因经济问题引起的资源稀缺,其后果更严重。如赞比亚的国民经济在很大程度上依赖铜的生产和出口。70年代大举借债进口石油和其他设备发展工业和运输系统,以便扩大铜的生产,出口创汇,偿还外债和发展经济。但由于石油涨价,外债利息上升,同时铜价在国际市场上下跌,以铜生产为支柱的经济雪上加霜。从1977年起出口铜矿石已不能收回成本,因而无力支付利息、购买石油、更新设备和运输系统以保持正常的生产能力。但对占出口收入87%的铜矿石,如果停止生产是难以想像的,只好借更多的外债。国民经济陷入一种恶性循环之中。据国际货币基金组

织报告,1985年与1984年相比,103个发展中国家进口减少77亿美元,出口减少140亿美元。穷国出口的初级产品跌价,是造成出口收益下降的主要原因,使急需的工业设备、配件、能源和粮食也无力进口,局面继续恶化。从70年代后期至80年代初期,第三世界国家(特别是拉美国家)的债务负担愈来愈重,不仅使本国的经济处于崩溃的边缘,而且还严重地影响着世界经济的增长。对这个问题的解决,一方面,发展中国家要调整本国的经济结构和加强国家之间的团结与协调;另一方面,还要建立一个公平合理的全球经济秩序,发达国家应担负起重大的责任。

(4) 环境问题造成的资源稀缺

环境问题中有以自然因素为主引起的,是自然环境中的某些要素发生了不利于人类的变化,从而使人与环境的平衡受到威胁甚至破坏。我国北方农牧交错带自中更新世以来旱化趋势就很明显,环境演变过程中的波动性加大,水热组合关系发生巨大改变,造成水、土、热资源的稳定性减弱,其利用的持续性(保证程度)降低。此外,旱、涝、虫、火等自然灾害也能造成严重的自然资源稀缺。对这种资源问题的避免,只能是人类在利用的过程中顺应自然的变化规律,作出适当的调整,减少损失。

另一种环境问题是人类不合理地利用和管理自然资源造成的。特别是对那些功能性的资源(包括部分物质性资源),传统上常认为是丰富的、免费的、可更新的自然要素,在利用上就不加节制,超过了这类资源在容量和数量上的限制,从而造成资源基础——生态系统功能上的整体退化;反过来,又削弱了自然资源的更新能力,使其不能持续地被人利用。这类资源包括森林、鱼类、生物物种和环境承载力等。它们的更新并非是纯自然的过程,人类既能将利用率保持在自然更新的能力之下,也可将这种能力人为地提高到一定的水平。如果在利用率和更新能力两者之间不能达到平衡,则"稀缺"不可避免。

由于这类资源的属性,它们一般未进入市场,因而就没有市场价格,也就没有经济刺激去增加供应或抑制需求以克服稀缺。不仅如此,这类资源还向每一个人开放,个人则很难采取保护措施,因为个人能力有限,而且采取措施后的任何好处都要与其他人共享。例如,一个渔民就不会减少捕获量以保护某个鱼种,除非他能确信其他人也这样做;他也不会孵化鱼苗以增加公共水域中的渔业资源,除非其他人也保证采取类似的措施。就企业和国家而言也是如此,例如,没有国际公约的约束,各国就很难控制温室气体的排放量、对南极大陆的资源开发等。对这类"稀缺",必须采取政府干预与市场管理相结合的途径,以保证此类资源的利用有一个长期、全面和完善的规划,改变过去认为是公有、免费的状况。

因此,资源核算与国民经济核算体系的"融合"就成为非常重要的问题。一些发达国家,如加拿大、法国、日本、荷兰、挪威和美国等,已经开始建立资源帐户,实行资源核算,以正确对待各种资源的价值,适当地调整经济增长与资源环境的关系。一些发展中国家也正准备制定资源帐户。国际上已通过了一系列的公约,约束和协调各国的行动,以保护人类赖以生存的资源基础。

第五章 自然资源可得性的度量

一种事物一旦被看作是自然资源,就必然要提出一个问题,即它可为人类利用的数量有多少? 这就是自然资源可得性的度量问题。人们已做了大量工作来估算自然资源的最终开发利用极限,由于采用了不同的方法,同时对将来人类技术和经济发展的潜力作了不同的假设,所得到的结论是各种各样的,甚至是大相径庭的。现在我们暂且不涉及这些争论,先探讨自然资源可得性的度量本身。

自然资源可得性的度量,通常针对不同的资源类型而使用不同的方法。这里按储存性和流动性两大类自然资源分述之。流动性资源的估算相对容易,已有了较为成熟的方法和技术手段。在当前的科学技术条件下,全部地球表面已处于人类监测之下。由于观测手段的丰富,观测精度的提高,观测网点的加密,以及数据处理技术的迅速发展,对全球性和区域性流动资源的估算日益准确。诸如全球太阳辐射能的收支、全球水量平衡、全球气候资源、全球土地资源、全球生物资源等,都已经有了比较明确的结论。今后的研究方向是进一步提高精度,发展更先进的数学模型,并逐步向动态监测、动态度量发展。

至于储存性自然资源的度量,由于它们存在的随机性,由于对整个地球物理-化学过程的认识还不够完善,由于深部探测技术还有待发展,更由于此类资源在分布规律方面远比流动性资源复杂,因而对它们的度量还不能满足需要。

第一节 储存性自然资源可得性的度量

1. 资源基础 (resource base)

估算某些特殊的非燃料矿物资源基础的方法是,用这些矿物的元素丰度或者说克拉克值(即化学元素在单位地壳中的平均含量,g/t)乘以地壳的总质量(更常用的是乘以1km或1mile深的地壳总质量)。这是关于储存性自然资源潜在可得性度量的一个最泛义的概念。已对某些矿物的资源基础作了估算,所得结论如表5-1。

从表5-1可见,如果这些矿物元素的年消耗静止在1972—1974年的平均水平上,那么所有的矿物都可维持几百万年以上的可采期限;但如果考虑消耗的增长,即使在平均2%的水平上,可采期限就急剧降低;而如果年均消耗增长率为10%,则所有的矿物都将在260年以内枯竭。

上述可采期限的计算建立在一种假设的基础上,即假设技术进步能使全部元素都在低到可接受的成本水平下开采。显然,这是一个很难证实的假设。从理论上讲,除了用于核裂变的铀以外,各种元素都不会由于使用而消失,它们都可重复使用,各种元素的总量保持不变。但当具有一定品位的矿石都逐步开采完毕,地壳中所余矿物元素的浓度很低

表 5-1 几种矿物的元素资源基础及其期望寿命的估算

矿物	资源基础 (t)[①]	不同消耗增长率下的期望寿命 (a)[②]				实际年均消耗增长率 (1947—1974 年，%)
		0%	2%	5%	10%	
铝	2.0×10^{18}	166×10^{9}	1 107	468	247	9.8
镉	3.6×10^{12}	210×10^{6}	771	332	177	4.7
铬[③]	2.6×10^{15}	1.3×10^{9}	861	368	198	5.3
钴	600×10^{12}	23.3×10^{9}	1 009	428	227	5.8
铜	1.5×10^{15}	216×10^{6}	772	332	177	4.8
金	84×10^{9}	62.8×10^{6}	709	307	164	2.4
铁	1.4×10^{18}	2.6×10^{9}	818	363	203	7.0
铅	290×10^{12}	83.5×10^{6}	724	313	167	3.8
镁	672×10^{15}	131.5×10^{9}	1 095	463	244	7.7
锰[④]	31.2×10^{15}	3.1×10^{9}	906	386	205	6.5
汞	2.1×10^{12}	223.5×10^{6}	773	333	178	2.0
镍	2.1×10^{12}	3.2×10^{6}	559	246	133	6.9
磷	28.8×10^{15}	1.9×10^{9}	881	376	200	7.3
钾	408×10^{15}	22.1×10^{9}	1 005	427	226	9.0
铂	1.1×10^{12}	6.7×10^{9}	944	402	213	9.7
银	1.8×10^{12}	194.2×10^{6}	766	330	176	2.2
硫	9.6×10^{15}	205.3×10^{6}	769	331	177	6.7
锡	40.8×10^{12}	172.2×10^{6}	760	327	175	2.7
钨	26.4×10^{12}	677.2×10^{6}	820	355	189	3.8
锌	2.2×10^{15}	398.6×10^{9}	1 151	486	256	4.7

①资源基础的计算方法是：元素丰度(g/t)乘以地壳总重量(24×10^{18}t)。

②期望寿命的计算是基于 1972—1974 年的年平均生产数字，有些数据取自美国矿产局(US Bureau of Mines)的 Commodity Data Summaries, 1972－1976 和 Minerals Yearbook, 1974。

③生产数字假设铬质量/总质量为 46%。

④生产数字假设锰质量/总质量为 46%。

资料来源：Rees, 1990, 19 页。

时，技术进步能否使这些元素被开采提炼出来？而且只能付出可接受的成本，目前尚不得而知。此外，为提炼这些元素所需的能源是否有保证？即使有保证，人类社会是否愿意并且能够接受由此而造成的环境影响？这些问题也都是不确定的。关于能源矿产的资源基础就更是难以估算。因此，资源基础只是表明了理论上的最终极限，而不能在实际上用来预测未来资源的可得性。

不能脱离目前人类的知识和技术来作资源可得性的估算，一切关于未来矿产发现的判断都受制于过去的发展趋势，而且不仅随着勘探和开采技术的改进，也随着经济形势和政治形势的变化而改变。因此，关于未来自然资源可得性的估算一般不采用资源基础的概念，而采用探明储量、条件储量、假设资源(远景资源)、理论资源等概念。它们是资源基础的各种动态子集(如图 5-1)，随着人类知识的发展，它们会不断扩展，在资源基础中所占的比重会逐渐增大。对于某些储存性自然资源来说，这种增长过程不可避免会在某个时期终止。之所以终止，可能是因为已达到资源基础的最终自然极限，这称为自然耗竭；也可能是因为开采成本增加到超过那部分资源之价值的程度，这称为经济耗竭。一般而言，经济耗竭总是先于自然耗竭的。

2. 探明储量 (proven reserves)

探明储量是指已经查明并已知在当前的需求、价格和技术条件下具有经济开采价值

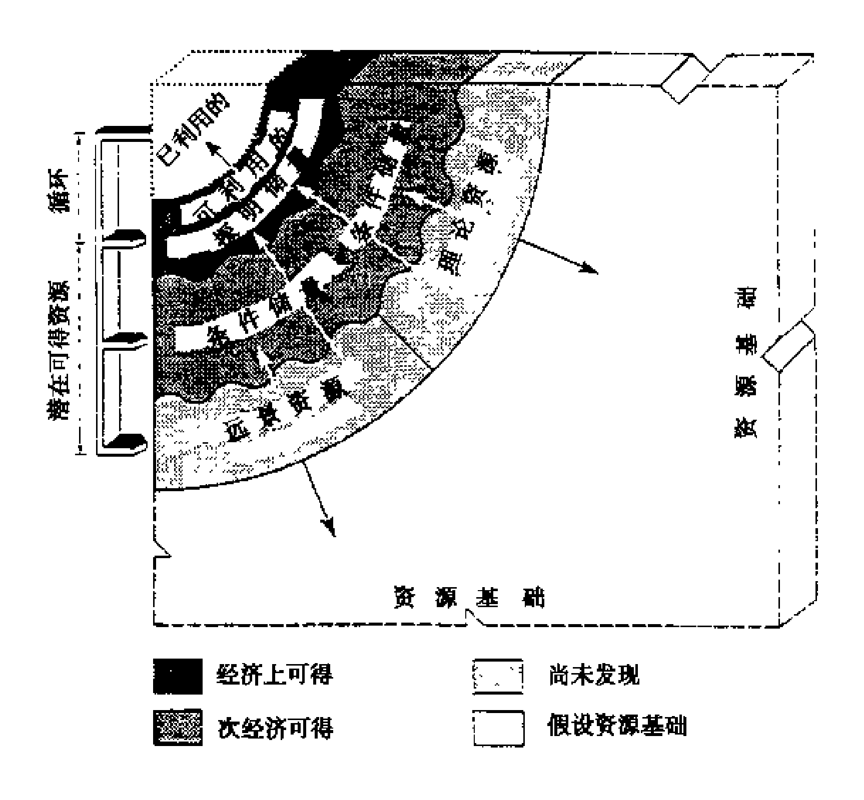


图 5-1　资源基础及其子集

的矿产资源藏量。

根据这个定义,似乎可以认为一定区域内的探明储量可以是明确的,而实际上并非如此。某种矿藏是否具有经济开采价值,这取决于生产者的判断和利润要求,对储量的看法因此大不一样。如果一个公司只把能带来较高纯收益的矿区视为具有经济开采价值,这就会大大限制探明储量的数字。即使需求、价格和技术水平保持不变,较低的收益要求也会使探明储量增加。而由于经济体制、生产目标等的不同,收益要求会有很大的差别。于是发达国家与发展中国家之间、市场经济与计划经济之间会对同样的藏量作出不同的探明储量判断。私人企业的生产目标往往只是追求利润;而政府部门的生产目标一般都很广泛,包括提供就业机会、减少或增加进口等。因此私人开采公司与政府生产部门之间在探明储量的看法上就会有很大的差别。

可以用已明确的探明储量来预测资源寿命,但必须作一些假设才能使这种预测有效。首先要假设地质勘探上不再有新的发现;其次还需假设生产目标、产品价格、技术等方面不变。事实上所有这些都不会不变,例如地质勘探,只要投入相当数量的资金和劳动,一般都会有新的发现。采矿企业往往不愿在勘探上大量投资,尤其是在他们已掌握足够的储量因而能满足相当长时期的预计需求时。因此,就大多数矿产来说,探明储量只反映了当前的消费水平和企业在勘探上的政策,而不是资源储存量的潜在规模。事实上,有些公司出于经济利益的考虑还会隐瞒探明储量,因为这样可以少纳税或抬高产品在市场上的价格。

除了利润要求和勘探政策外,探明储量还受以下因素的影响:

①技术、知识和工艺的可得性。

②需求水平。这又取决于若干变量，包括人口数量、收入水平、消费习惯、政府政策，以及可替代资源的相对价格。

③开采成本。这部分取决于矿藏开采的自然条件和区位，但更取决于所有生产要素（土地、劳动、投资、基础设施）的费用和政府的税收政策。此外还应包括由于政策、自然灾害等原因带来的风险。

④资源产品的价格。这主要取决于需求与供给的消长关系，但也受生产者价格政策和政府干预的影响。

⑤替代品的可得性与价格。包括某些资源循环利用的费用。

所有这些因素都是高度动态的，而它们的变动会极大地影响探明储量。例如，人类知道并使用石油已有了几个世纪的历史，但直到1859年以前，只是把渗到地表或可在浅层抽取的那部分藏量视为探明储量。19世纪机械化的扩散极大地促进了对润滑油的需求，因而其价格大大抬升，这就为深层开采技术的发展提供了强烈的刺激。早期钻井技术的发明使石油的开采、价格和需求都进入了一个新时期，这就使人类关于探明储量的观念发生了革命性的变化。随着这一技术上的突破，石油供给增加，价格下降，这又进一步促进了石油利用技术的发展和使用范围的扩大，于是需求又得以增加。这种相互作用的过程不断继续，探明储量也就不断扩大，现在人类已能在20年前闻所未闻的地区和深度作商业性的石油开采。此外，对含油构造中所含石油的采掘比例也越来越高，40年代能采的比例还不到25%，后来发明了在岩石构造中注水或注入天然气的技术（称二次、三次采掘技术）以增加油压，使得回采率提高到60%以上。因此，探明储量的评估也取决于生产者在有关构造中能否以及在多大程度上使用此类采掘技术。

上述各种因素都有显著的空间分异，使得探明储量在各个区域也不相同。不仅价格和需求的情况在一个市场范围不同于另一个市场范围，而且总生产成本、技术的可得性、资本的可得性及其代价也都表现出显著的空间变化。因此，具有相似自然特征的藏量并非在每个国家都可列为探明储量。例如，某些国家（如原苏联）在矿产方面的目标是自给自足，这使得其探明储量的范围大为扩大，而其中相当一部分就其埋藏条件和生产成本在多数市场经济国家中是不能当作探明储量的。此外，正如前面已指出的，探明储量是勘探的结果，而各国、各地区的勘探程度也大不一样。有些国家在矿产品上依赖进口，其探明储量表面上看严重不足，但并不一定意味着其真正资源藏量的匮乏。牙买加是一个实例，它完全依赖进口石油，这已使它负债累累，经济能力大为削弱。但牙买加其实有足够的石油矿藏，至少可以满足其50%的需求，可是它本身既无资本又无技术来作必要的钻井勘探，以证明存在按其自身可行标准能够开采的探明储量。

3. 条件储量（conditional reserves）

和探明储量一样，条件储量也是已查明的藏量，但在当前价格水平上，以现有采掘技术和生产技术来开采是不经济的。显然，这种储量也不是静止不变的，资源开发史上充满着储量突破经济可行性界线的例子，而且不仅是单向突破。正如探明储量的情况一样，经济储量和不经济储量之间的关系是复杂的，而且在很大程度上受制于政治力量和市场力量。技术革新对于经济可行性边界的变化起着关键作用，当然它又需要需求和价格的刺激，也要求政治上的稳定和安全。

探明储量与条件储量之间的分界在不同时期和不同地方都不一样,铜矿储量的变化就是一个很能说明问题的例子。在20世纪初期,金属含量小于10%的铜矿石是不会被冶炼厂采用的,因而品位小于这个水平的矿藏不会归入探明储量。40年后,技术发展了,需求也增加了,含量仅为1%的矿藏也被当作探明储量。现在,由于成本和风险进一步降低,即使含量仅为0.4%的铜矿也是经济上可采的了。当然,这些矿藏应大到使生产实现规模经济,要充分接近地表以利高度机械化的露天开采,并且要求当地具有足够发达的基础设施和稳定的政策,若不具备这些条件,那么类似等级的矿藏仍然被归为条件储量之列。

探明储量和条件储量都是已"查明"的,但它们被查明的确定程度会有很大的差别。在那些矿藏已被密集地勘探,因而能确定其范围、质量和地质特征的地方,可以认为已"测出"各种储量,但其可得性的估计仍有近20%的误差范围。对于那些勘探密集度不足的矿藏,则是部分通过勘探资料、部分通过地质学分析来"证明"各种储量。而在那些矿藏位置已确定但仍未勘探的地方,储量数字只能是从该区域内的地质条件中"推断"出来的。

4. 远景资源（hypothetical resources）

与前两类储量不同,远景资源是尚未查明的藏量,但可望将来在目前仅作了少量勘察和试探性开发的地区发现它们。例如在20世纪70年代,北海已生产出相当数量的石油和天然气,但并非全部潜在储油层都作了钻井探测,因此就是一个存在远景资源的地区。

估计远景资源范围的常用方法是根据过去生产的增长率和探明储量的增长率外推,或根据过去每钻进单位深度的发现率外推。这种外推必须假设曾经影响过去发现率和生产率的所有变量(政治的、经济的、技术的)将像过去一样继续起作用。诸如价格和技术发展之类的因素是极不稳定的,所以这种估计会有很大的差别,不同时期所作的估计大不一样。例如,按1973年以前的价格水平估计的远景石油资源,显著低于按1973年以后的价格所作的估计。

为了克服机械外推的问题,曾经用特尔菲法,即请一些专家来预测未来可能的发现,然后取他们估计范围的平均值。但这种方法显然仍有局限,因为各个专家都会有固有的偏向,他们对未来技术和经济状况的估计无章可循,由此作出的远景资源预测就不一定可靠。例如人们曾经指控石油公司的专家们的估计太保守,认为他们从既得利益出发,企图造成一派稀缺的景象,以便维持较高的价格和利润。

5. 理论资源（speculative resources）

如果说远景资源的估计带有某种任意性的话,那么理论资源的估计就面临更大的困难。理论资源是指那些被认为具有充分有利的地质条件,但迄今尚未勘察或极少勘察的地区可能会发现的矿藏。例如,全世界大约有600个可能存在石油和天然气的沉积盆地,但迄今只对其中的三分之一作了钻井勘探。一旦在未勘察的地区钻井,很可能会发现更多的潜在资源。北海在20世纪70年代前还只是可能具有理论资源的地区,70年代已认为它具有远景资源,现在已确定其储量。但另一方面,如果作了广泛的钻井仍未发现矿藏,那么原来关于理论资源的估计也会被推翻。

估计理论资源的方法是根据已勘察地区过去的发现模式外推。这种方法假设目前尚

未勘察的地区将会像那些条件类似的已开发地区一样,具有资源潜力并将带来利润收益。但是很多专家指出,这种可能性极小。因为已经被开采的都是规模较大、地质条件较有利、通达性也较好的构造;当开发推进到自然条件和社会经济条件都较差的地区时,是不大可能实现预期的资源潜力和利润收益的。

6. 最终可采资源(ultimately recoverable resources)

探明储量、条件储量、远景资源和理论资源的总和统称最终可采资源。考虑到估算的复杂性以及技术、市场、政策等因素的不确定性,那么看到最终可采资源的估算是如此大相径庭就不奇怪了。几乎对所有矿种未来形势的估计都出现了显著的不同,而对石油的估计尤其意见纷纭。目前,根据公认的资料来源,大多数石油企业估计最终可采的石油资源大约为 17×10^{11}—22×10^{11} 桶,不包括沥青砂和油页岩。可是 40 年代一致认为石油的最终可采资源是 5×10^{11} 桶,而目前仅"探明储量"就已超过了这个数字。虽然近 50 年以来对石油最终可采资源的估计已增加了 4 倍,但有人认为我们的知识已达到了某种限度,今后再以这样的比率增加似乎是不可能的了。当然,对这种判断也是有不同看法的。一些专家指出,以上那个约 20×10^{11} 桶的数字,与其说是对最终可采资源的判断,倒不如说是各个石油公司对未来政治、经济条件的判断。还有专家认为,根据石油工业的兴衰得出的估计取决于石油公司的既得利益。石油公司不能或不愿投资的地方,其资源潜力的估计就低。例如,拉丁美洲是一个在政治上普遍对石油公司怀有敌意的地区,那里的石油潜在资源估计为 15×10^{10}—23×10^{10} 桶,但另外的预测则认为仅墨西哥一国就可能达到这个数字。现在,即使在石油公司内部也有人认为世界石油资源的潜力当为 30×10^{11}—40×10^{11} 桶;而最近俄罗斯学者的估计甚至高达 110×10^{11} 桶。以上各种估计到底哪个正确?只有让时间来检验了。然而最重要的是,所有的估计都没有考虑油页岩和沥青砂的潜力,其中可能含有 300×10^{11} 桶石油。

此外,能源形式在未来可能发生经济上具有吸引力的变化和替代,这会使石油最终可采资源问题成为多余。自 1973 年石油危机以来,这种可能性已在加速实现。寡头垄断的价格政策曾经使油价大大高于供给成本,这就刺激了替代能源的发展,也促进了能源经济。同时,主要石油输出国内不停的政治动乱,不仅削弱了消费国对石油的信心,也动摇了石油企业对其能否适应全球政治形势变化的信心。结果是,过去 50 年来石油工业内部关于未来可采资源预测大大降低,而且石油工业本身也被种种困难削弱,以至于没有力量充分利用世界石油资源。

第二节　流动性自然资源可得性的度量

从人类福利角度来看,未来流动性资源可得性的估计通常以资源在一定时期内可生产有用产品或服务的能力或潜力这个概念为基础,衍生出多种概念。

1. 最大资源潜力(maximum resource potential)

最大资源潜力是指在其他条件都很理想的情况下,流动性自然资源能够提供有用产品或服务的最大理论潜力。这个概念与储存性资源的资源基础概念有类似之处。

对各种流动性能源，如太阳能、潮汐能、风能，已估算过它们的最大自然能量潜力，得出的数字显示出非常美妙的前景。例如，在理论上从太阳取得的总能量可为世界能源消耗提供的数字是目前获取量的一千万倍以上。但实际上这种估计并无太大意义，真正的可得性取决于人类把这些理论潜力转换为实际能量的能力，取决于人类是否愿意担负这样做的代价和成本，包括对环境的影响。

对于生物、土地、海洋资源的总潜力也作过类似的估算，结果表明，如果最大潜力得以发挥，那么按目前的人口数量，地球每年可为每一个人生产出约 40t 食物，这是实际需要量的 100 倍，也是我国目前人均水平的 100 倍。这里还没有考虑从二氧化碳、水和氮中化学合成食物的可能性。当然，这些除了技术上的可行性以外，还要求投入大量能源。

应该说，对于人类未来可更新资源开发规划来说，上述估算并没有什么实际意义。重要的并不是理论上的自然潜力，而是必要的人类投资能力，以及有关的社会、经济、价值观、行为、组织等方面的情况。在一些人看来，把地球生态系统当作一部机器，只是让她提供人类需要的食品和能源，这至少在道义上是说不过去的。生态学家们则进一步指出，这种做法会使全球生态系统产生可怕的单一化，并导致自然生态循环的瓦解，因而是一种灾难性的策略。

上述可再生资源和生物资源潜力的估算都建立在天然系统自然输出的基础上，而忽略了由人类经济、社会系统所施加的局限。另一种估算可更新资源潜力的方法是，根据发达地区已实现的生产能力来推算不发达地区和未开发地区的生产潜力。这种方法尤其在估算土地的农业生产潜力时用得更多。俄罗斯地理学家格拉西莫夫作了一个估算，他以土壤类型的可能性为前提，假设农业经济不发达地区农耕地的比例可达到农业发达地区的水平，那么全世界的耕地面积将达到 32 亿到 36 亿 hm^2，而不是现在的 14 亿 hm^2。美国总统科学顾问委员会也曾作过一个估算，认为根据地球的自然条件，即使用现有技术，全世界可耕地总面积也可接近 66 亿 hm^2。显然，这种方法也是有局限的，因为它假设形成现有耕地的多种因素在时间和空间上都保持不变，这当然不符合实际。但它至少承认了某些自然的限制。

2. 持续能力（sustainable capacity）

可更新资源自然潜力的利用必须考虑时间上的公平分配，即应留给后代同等的资源利用机会。把这种考虑结合进可更新资源潜力的估算中，就要采用持续能力或持续产量的概念。持续能力是可更新资源实际上能长期提供有用产品或服务的最大能力，即不损害其充分更新的利用能力。

可用渔业资源的例子来说明这个概念。从理论上讲，通过控制捕捞活动，可以使鱼产量长期维持，这个能长期维持的产量就是持续能力。如图 5-2，在持续产量曲线的任一点上，鱼的年产量可维持一定水平，使得与可在未来年份生产同样产量的鱼资源储存水平保持协调。当人类捕捞活动初始时，由于对食料的竞争减少，持续产量水平是上升的，鱼群数及其生物生产率都可以有一定的增长率。这种情形在其他可再生资源中也很常见，如有限地割韭菜、伐薪柴，可促使再生量上升。但是，一旦捕鱼活动超过了 X 点，持续产量将开始下降；当达到临界点时，鱼群就耗竭到不能维持再生产的地步。

对于含水层也可采用类似的持续产量概念，即不能让抽取率超过补给率。这可以作

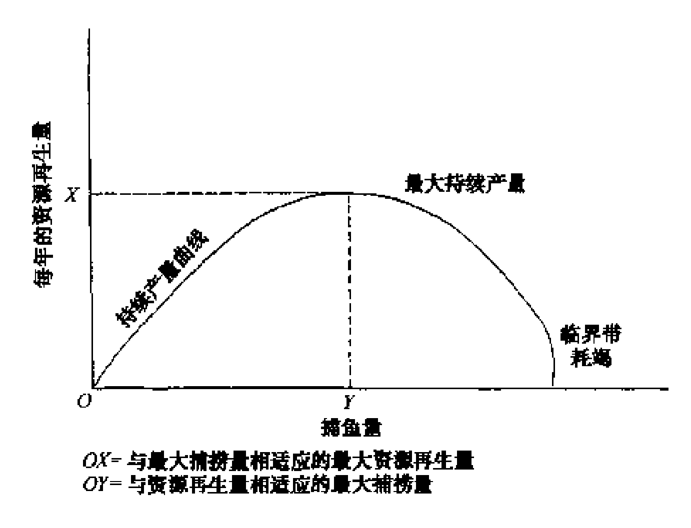


图 5-2　持续产量曲线

为水资源管理的一条准则，对当前补给相对均衡的地区尤其适用；但对于含水层是过去气候条件遗留产物的地区，应用这条准则就比较困难了。例如，在人类生存完全依赖自流泉的撒哈拉地区，就很难牺牲目前的生计来为后代维持水资源的完整。可更新资源的利用应控制在持续能力以内，这通常已作为公理而被广泛接受。但撒哈拉那种特例却表明，是否遵循这一准则取决于价值判断和对优先权的考虑。

一些经济学家指出，维持持续产量是要付出代价的，因为它意味着须抑制当前的消费。所放弃的这一部分消费可看作是对未来的一种投资，其好处必须与其他形式的投资放在一起来评价。确实，保护某一种可更新资源很可能要以其他方面的付出为代价。这样，后代在这一种资源上得到了平等的机会和权利，但是很可能在其他方面又失去了本来可以得到的机会和权利。再以撒哈拉为例，如果把水资源的利用控制在持续能力水平上，就不可避免地导致该地区经济发展的衰退。这样，后代可能会有等量的水资源储存，但其他方面本来可以得到增长的东西却会显著减少。

因此，如果仅从费用-收益的角度，可以想像，在某些情况下把某种可更新资源利用到耗竭的程度并不是不可接受的。但是对于那些认为人类具有道义上的责任，应保护其他生命的生存权利的人来说，这种思想是要受诅咒的。生态学家们则认为这是一种短见策略，因为从长远来看，遗传基因和物种多样性的损失，对于人类自己的生命支持系统是一种极大的威胁。

3．吸收能力（absorptive capacity）

人类利用自然资源的结果之一是产生各种废物，为了排放人类活动自觉或不自觉产生的废物，就要利用环境媒介，即大气、水、土地等。这就需要另一个衡量资源潜力的概念，称为吸收能力或同化能力，即环境媒介吸收废物而又不导致环境退化的能力。

废物进入环境后都要经历自然界的生物分解过程，整个环境系统具有一定的吸收废物而又不导致生态或美学变化的能力。但是，如果排放的速率超过了分解能力，或者所排放的物质是非生物降解的，或只有经过很长时间才能降解，那么环境变化就不可避免。

任何环境媒介的吸收能力都不是一成不变的，它不仅随气候等环境因素的变化而发

生天然变化，也可以被人类改变。例如，一条河流降解污水、废水的能力，可以因为增加了其流量或含氧量而提高；相反，若水被抽取从而减少了流量，或如果河道被裁弯取直、被挖深、被混凝土化，从而减少了氧的吸收量，河流的吸收能力将会降低。如果到了极端情况，即氧的缺乏使细菌已不能维持其分解功能，那么全部生物分解过程就会完全停止。

把废物排放量控制在吸收能力限度内，这应该是一个普遍原则。为此社会必然要付出经济代价，因而有一个如何权衡生态效益、社会效益与经济效益的问题，这在很大程度上又取决于价值判断。

4. 承载能力（carrying capacity）

现在应用得最广的可更新资源可得性度量的概念是承载能力，它是指一定范围内的生境（或土地）可持续供养的最大种群（或人口）数量。这个概念建立在一个设想的基础上，即应把资源利用限制在不使环境发生显著变化而使资源生产力得以长期维持的水平上，在这一点上它类似于持续能力和吸收能力的概念。

承载能力的概念是从畜牧业中引伸出来的，开始时是指一定面积的草场可长期供养的牲畜头数。后来著名生态学家奥德姆在试图确定各区域内人类居住的人口极限时采用了这个概念。联合国粮农组织关于土地人口承载力的研究更把这种方法发展到很精致的程度。还有一些研究用这种方法来计算旅游区的承载能力，在确定区域旅游活动的极限时，不仅考虑了自然损害，也要考虑旅游者的感应。在所有这些应用里，要建立一个简单、惟一、绝对的承载能力值都是不可能的，任何计算都在很大程度上取决于管理目标和资源利用的特定途径，取决于利用者所要求的生活标准和生活空间。此外，承载能力显然还受投入水平、技术进步等因素的影响。

有些学者对承载能力概念作了深入的研究，认为应区别几种不同的承载能力。首先是生存承载能力（survival capacity），即有足够的食物保证生存，但既不能保证所有个体的茁壮成长，也不能保证种群的最优增长，而且当周围环境稍有变动就可能造成灾难性的后果。第二种承载能力概念是最适承载能力（optimum capacity），即有充分的营养保证绝大多数个体茁壮成长。显然，最适承载能力总是小于生存承载能力的。第三种承载能力概念是容限承载能力（tolerance capacity），它在很大程度上是基于密度方面的考虑，在容限能力水平上，地域限制迫使种群中的多余个体外迁，或对某些基本需要（如食物和繁殖机会）实行限制。这些概念也可应用于人口承载力，贫穷国家处于生存承载水平和容限承载水平上，而北美、西欧国家可以认为具有最适承载能力。

第六章　生态系统中的资源过程

自然资源从其形成、自然存在到与人类发生关系再到被消费的整个过程,可称为资源过程。资源过程可以从各种角度来研究,或者说它涉及多种过程。如果把资源过程看作无机界、生物界与人类社会的一系列相互作用,而且人类在其中起着支配作用,那么从这种角度来研究资源过程就涉及到生态学及人类生态学的一些基本原理。

第一节　从自然资源看生态学与生态系统

1. 生态学

在指导今天自然资源开发利用的若干准则中,最重要的莫过于经济学和生态学的准则了。经济学的立论基础是资源稀缺问题,生态学则指出"生态系统使我们了解自然系统之动态和结构所决定的极限"(Sauer, 1956)。可见,生态学的"限制"概念与经济学的"稀缺"概念是相通的。难怪西文的"经济学"(economics)与"生态学"(ecology)都以 eco-为词头。eco-源于希腊文的 oikos,意为"人和住所",经济学取其"生计管理"之意,生态学取其"人和环境"之意。

其实,在古汉语中也早有"经济"一词,意为"经世济民"。19 世纪西方经济学传入中国时,严复最早把 economics 译为"生计学",其中含有人与环境的关系之义。1903 年后中国学者才逐渐学习日本学者的译法采用"经济学"这个名称。可见无论中国和西方,经济学与生态学都是有一定渊源关系的。

生态学研究生物及其环境的关系。一般把研究生物及其环境关系者称为生物生态学,简称生态学;把研究人类与其环境关系者称为人类生态学。既然自然资源是相对于人类的需要而言的,那么资源过程中的生态学关系也是人与环境的关系,所以这里所论的生态学主要是人类生态学,当然也包含一部分普通生态学原理。

从自然资源角度来看,人类生态学的一个基本原理是:任何生态系统对其所能支持的生命总量都有一个自然极限;在这个自然极限范围内,人类文化的调整起着极大的作用。为理解这个原理,有必要论及生态系统和人类生态系统。

2. 生态系统

生态系统这一术语是 Tansley 在 1935 年提出的,Odum 在 1959 年给它下了一个严格的定义:自然界的任何范围,只要有活生命有机体与非生命物质的相互作用,并在其间产生物质交换,就是生态系统。

自然资源过程研究必然要涉及到各种自然要素之间的联系,尤其是活生命物质与其非生物环境之间的相互作用,还包括人对自然系统的影响。所有这些组成生态系统。

关于生态系统的概念，有两个问题值得注意。第一，这一概念可用于任何尺度上，小至含有原生动物的一滴水，大至整个地表生态圈（包括生物圈、岩石圈、大气圈和水圈）。其间可以划分出无数的生态系统等级。由此就有一个确定界线的问题，由于一个生态系统的各种组分常与其他生态系统交叠，即使像池塘那样边界较明确的生态系统，除了与外界有能量和水分的联系外，水禽一类的动物也会带来或带走某些物质。所以，很难在空间上对生态系统作出满意的界定。

第二个问题是生态系统内生命成分与无生命成分之间的交互作用，不仅环境作用于生命物质，生物也可反过来影响环境。因此，在资源研究中必须认识到，当把一个生态系统中的有生命部分当作资源来开发利用时，会使无生命部分也发生变化。例如，森林及其中的土壤之间就有极其紧密的相互联系，如果温带的落叶林为针叶林所取代，那么原来的褐土会逐渐变成灰化土。我国亚热带的常绿阔叶林被砍伐后，如果人工种植杉木林，杉木生长过程中会显著地消耗土壤肥力，同时成土的生物过程较为缓慢，从而导致土壤肥力下降。

显然，这两个问题使生态系统的科学研究极为复杂，各种组分的相互关系和作用机制很难搞清。在自然资源过程研究中，处理这个问题的基本途径是：第一，人为限定生态系统的边界，虽然这种限定在理论上尚欠完善，但对于实际研究而言尚可接受；第二，从生态系统的功能研究入手，着力于已限定生态系统中的能量流与物质流。

3. 生物圈与智能圈

在讨论资源过程时，生态圈、生物圈、智能圈和人类圈等都是一些有意义的概念。生态圈（Ecosphere）一词的提出，是为了在讨论人类环境问题时强调一个最基本和最重要的概念——生态系统。生态圈被定义为地球上所有生态系统的总称，也就是人类赖以生存的环境。生态圈也可被作为生物圈的同义语使用。

生物圈一词为奥地利地质学家苏义斯（Eduard Suess，1875）提出。俄国地球化学家维尔纳茨基（1936）把生物圈看作是地球表层由生命控制的完整动态系统，其范围包括岩石圈（地壳部分）、水圈和气圈相互交汇的整个地球表层。这里既是生命过程的产物，又是生命活动的场所。故生物圈又被表述为是由生命形成的活的圈层，是由生命转换能量和驱动物质循环并由生命系统调节控制的开放系统

智能圈（Noosphere）最初由法国哲学家德哈·德夏丹（Teihand de Chardin）提出。在希腊字中 noo 意为理智、智慧、思想。智能圈是指超越生物圈的生灵圈，又被称为理智圈。维尔纳茨基（1945）定义智能圈为按人类意志和兴趣而塑造的生物圈，即受人类控制和影响的生物圈。随着社会文明的发展，人类对自然界的控制和影响愈来愈大。所以智能圈是在社会文明发展到一定阶段才出现的。维尔纳茨基将受人类影响较大和受人控制很强的人工生态系统，即农业生态系统和工业生态系统，分别称为农业圈（Agrosphere）和技术圈（Technosphere）。

与智能圈近似的一个名词是人类圈。人类圈已作为一个条目出现于新不列颠百科全书中，被认为是现代生物圈的一部分，或生物圈发展的现阶段。我国学者把人类圈从生物圈中提升出来，作为一个与地球其他圈层并列的地球圈层，并论述了它与生物圈的差别。“人类圈”概念是“人类”概念的一部分，它是从地球圈层的角度来研究人类；它强调人类的

全球特性；强调物质流、能量流和信息流在人类圈内部及在与地球其他圈层联系中的作用。例如，在三个无机圈层中，物质流和能量流占绝对统治地位，而信息流的作用则微不足道；在生物圈中信息流的地位已明显提高，但对生物体来说，物质和能量输入仍比信息输入重要，生物圈的整体性主要通过食物链和食物网来实现。与上述地球圈层不同，人类圈（尤其是近代的人类圈）中信息流比物质流和能量流更重要，从某种意义上说，人类圈的进化主要就是信息库（即文化）的进化（陈之荣，1993）。

4. 人类生态系统

资源过程发生于其中的生态系统其实是人类生态系统，它由自然-生态系统、经济-技术系统和社会-政治系统构成（如图 6-1）。

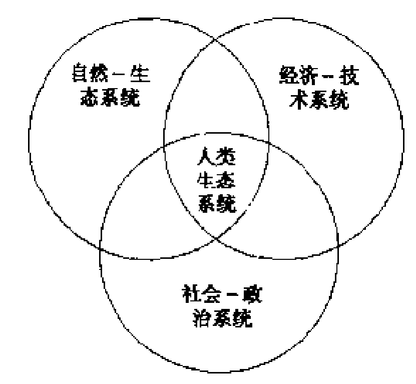


图 6-1 人类生态系统

正如生态系统中各部分的相互作用一样，人类生态系统中的几个子系统之间也有复杂的相互作用。人类生态系统中的资源过程就不仅仅是自然－生态过程，还包括经济－技术过程和社会－政治过程。任何资源稀缺问题，都是一定经济－技术条件和社会－政治条件下产生的。例如，发展中国家广泛存在的贫困，是最典型的资源短缺问题，其根源却在于经济－技术水平低下和社会－政治体制不公平。因此，任何资源问题的解决，也必须从经济－技术和社会－政治上入手。

第二节 生态系统中的能量和物质

一、生态系统中的能量

1. 太阳能与光合作用对形成自然资源的意义

能量对于生态系统和自然资源开发利用过程都是至关重要的。自然资源系统中的能量主要来自太阳能，此外还有地球内能。若无来自太阳的能量输入，就不会有生命存在；就是大气圈中无生命的风和雨的运动，也是由太阳能驱动的；而具有地质学性质的非可更新资源也是太阳能作用的结果，有机矿物如煤、石油等是过去太阳能的储藏，即使是无机矿物，也与太阳能驱动的风化、沉积、搬运过程有关。因此，太阳能量对自然资源的形成具有极大意义。

到达地球表面的太阳能大约是 3 400 kcal/(m^2·d)①，当然这是一个平均数，因为通量密度一地不同于一地。由地球上绿色植物光合作用所转换的最大值为 170 kcal/(m^2·d)，仅为到达值的 5%，平均值显然更低。地球上全部有机生命（包括人类）都依靠这一小部分太阳能，石油、煤等能源也来自这一小部分太阳能。

① 1cal = 4.1868J，下同。

光合作用在资源过程中是一个关键环节。在光合作用过程中，绿色植物捕捉太阳能，把它转换并储存在复杂的有机分子中；然后这些分子就成为本身和其他有机体的“食物”。通过一系列非常复杂的反应，水和 CO_2 合成糖分，而后又代谢为淀粉；或与某些矿物养分一起形成更复杂的分子如氨基酸和蛋白质，这是生命物质的基础。光合作用所获取的太阳能并非全都以植物组织的形式出现，因为其中一部分被绿色植物在呼吸作用过程中的新陈代谢所消耗。

美国生物资源学家对美国东部落叶阔叶林的太阳能转换率作了定量测定；结果如下：

日照率(可见光) 56 000 cal/(cm^2·a)

植物有机物质转换率(净第一性生产率，Net Primary Production，NPP)510cal/(cm^2·a)

可见，初始入射能量中仅有 0.91% 变成植物的物质成分，不仅由于其呼吸作用消耗了部分能量，也由于某些光谱对光合作用无效，还有一些能量为绿叶表面反射掉。英国海洋资源学家对北海中生物的能量转换率也作了测定：

日照率(可见光) 473 cal/(cm^2·a)

浮游生物 NPP 0.314 cal/(cm^2·a)

这是夏天测定的数字，其能量有效转换率仅为 0.066%，这不仅由于水的散射，也由于其他的因素限制了生产率。

2. 食物链中的能量过程

生态系统中的所有其他生命都依赖第一性生产创造出的物质，净第一性生产率是食物链的第一环，对于自然资源研究而言是非常重要的。在天然生态系统中，净第一性生产的产物——植物，为食草动物提供食物，食草动物又为食肉动物提供食物，这就构成一个简单的食物链。在食物链上的每一环都会有能量损失，这是热力学第二定律起作用的直接结果。热力学第二定律的一种陈述如下：所有正转变其形式的能量都倾向于转变成热能而消散，因此，任何能量都不能够百分之百有效地自然转变为潜能(如生物组织)。在食物链中，生物组织中浓缩的潜能会由有机体的新陈代谢过程转换成热能而消散。食草动物所食的全部植物中只有很少一部分可以转变成动物组织，这一过程中生成的有机物数量称为第二性生产。这样，食肉动物所能获得的食物就远比第一性生产所能提供的少。同样，食肉动物所食食物中也只有很少一部分可以转换成动物组织，于是更上层的食肉动物所能获得的食物就更少。

这里有一个英格兰南部橡(栎)树林生态系统的例子：

日照率 2.38×10^{5}k cal/(m^2·a)

净第一性生产 6.2×10^{3}k cal/(m^2·a)

主要食草动物(毛虫、田鼠等)的第二性生产 12.2k cal/(m^2·a)

主要食肉动物(蜘蛛、猫头鹰等)的生产 0.75k cal/(m^2·a)

可见食物链上的每一环(称为营养级或营养水平，trophic level)能量转换的效率是很低的。这对资源利用的含义就是：离第一性生产越远，单位面积上所能获得的能量就越少；人类对食物的利要若想达到最高效力，就必须作为食草动物，降低其营养水平。中国人的食物结构以植物为主，有人认为就是因为历史上中国人口对土地的压力过重，不得不如此。

事实上每一营养级上的生物组织并非全部为上一级所消耗，陆地食草动物仅食植物

的地上部分，很多食草动物也在未被食肉动物吞食时就死亡了。死亡的生物有机体被分解为无机物，这就形成另一类食物链，通常称为分解者链（decomposer chain），人们熟知的分解者有真菌和细菌。此外，在很多生物体上还有寄生生物，这既可看作一种单独的食物链，也可看作代表较高营养级的捕食者链。

在生态系统中的每一营养级上都有能量损失（作为热能），这使通过物种网络的潜能的数量减少。因此，第二性生产和第三性生产中的生物个体数量和活物质数量递减（这些活物质通常按单位面积上的干物质来度量，称为生物量（biomass）。这就形成生态系统中的所谓金字塔现象。图 6-2 是个体数量金字塔的实例。如果按生物量来测算，那么金字塔现象的表现就更为明显。生物量还不能表示能量浓缩度的差别，所以最好的方式是以能量关系表示金字塔现象（如图 6-3）。

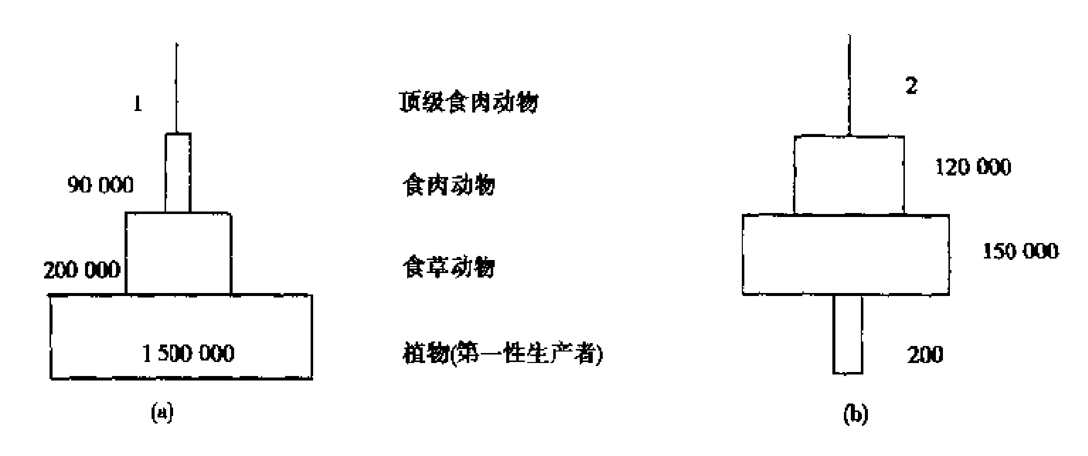


图 6-2　两个生态系统中的个体数金字塔（不包括微生物和土壤动物）
（a）为夏季草原生态系统；（b）为夏季温带森林生态系统，
其中第一性生产者是大树，个体数量较少

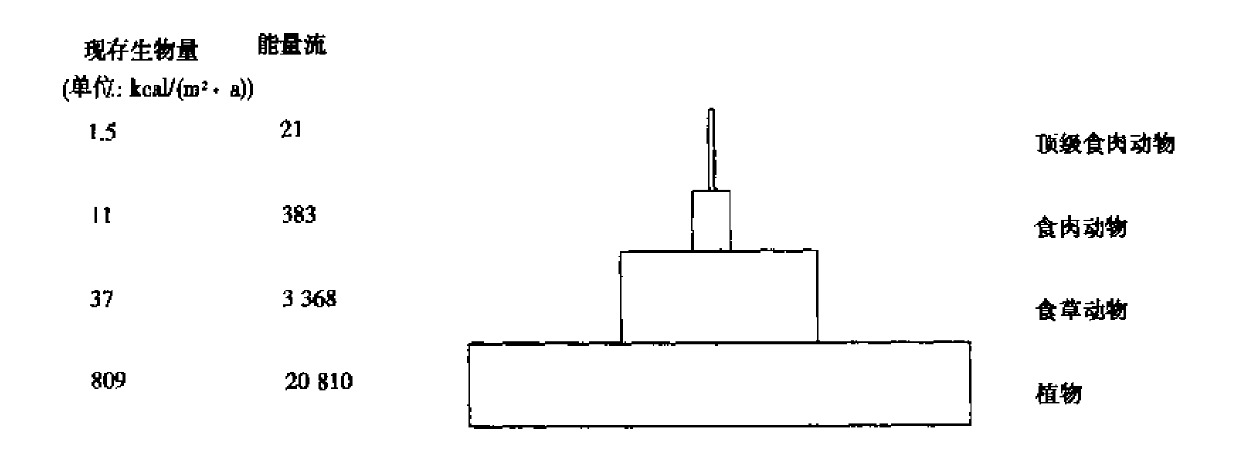


图 6-3　佛罗里达银泉（Silver Springs）村生态系统的能量金字塔

3．生态系统中的能量转换及其网络关系

生态系统中能量和物质的转换可表示如图 6-4。其中，太阳能作为一种自由能进入

生态系统，经历一系列从“浓缩”状态到“消散”状态的变化后，又部分作为热能退出生态系统。在这个过程中，生物体聚集了不少能量，成为富能量的有机物，其死亡后又经历分解过程。复杂的有机物被分解为相对简单的无机物，同时伴有能量的消散。

有必要指出，实际自然生态系统甚至人工生态系统中的情况都远比这个图示复杂。一种食草动物可能食用多种植物，也可能被多种捕食者所食。一种捕食者可能偏好某种食物来源，但当此种食物稀缺时又会转向其他食物。在生态系统中，杂食习性也并非不普遍。人类更是一种杂食动物。各营养级上都有复杂的营养关系(图6-5)，所有这些关系连接起来，就形成所谓食物

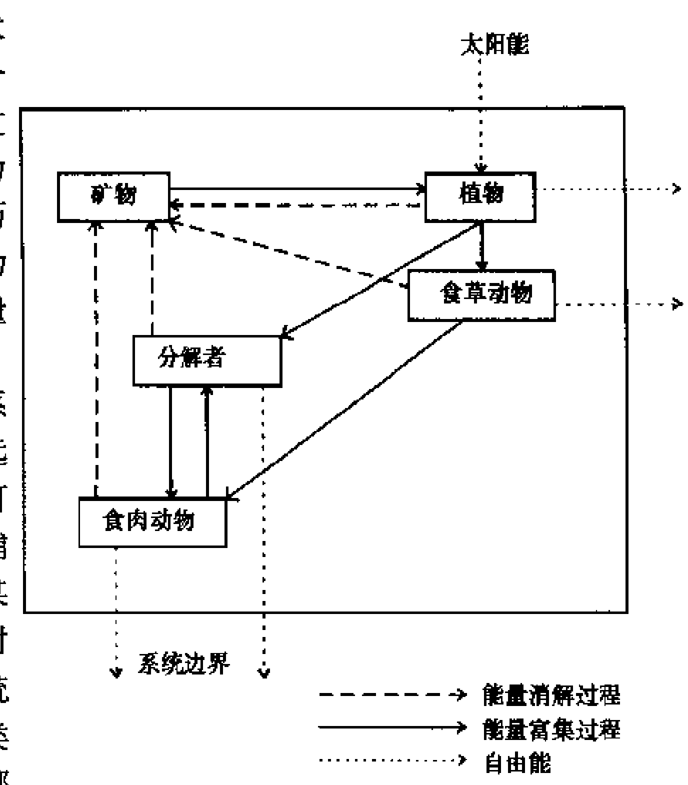


图6-4 生态系统中能量与物质的转换图示

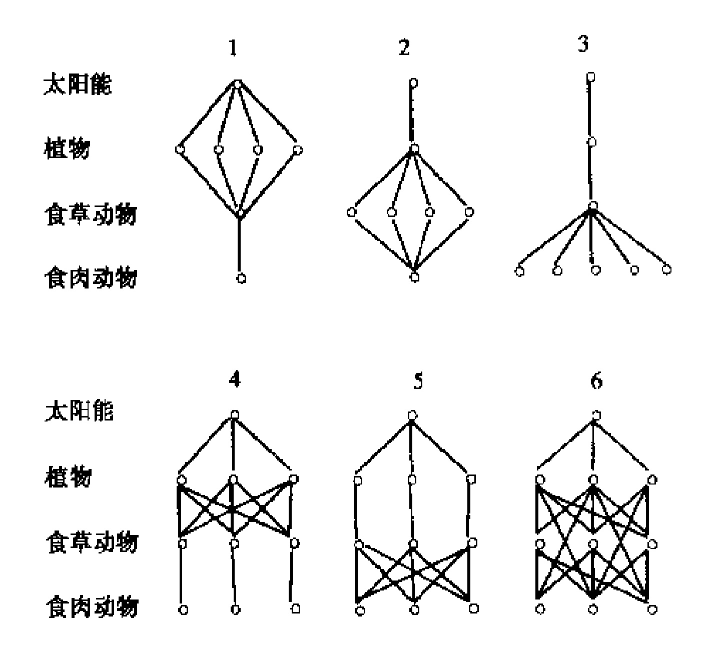


图6-5 营养级关系图示

1——一种食草动物食几种植物，又仅被一种食肉动物捕食；2——四种食草动物食一种植物，又仅被一种食肉动物捕食；3——五种食肉动物捕食一种食草动物；4——三种食草动物食三种植物，又分别被一种食肉动物捕食；5和6则表示各种杂食关系，表现出更多的能量通道，若其中某种关键物种消失，对该生态系统的稳定性影响不大

网(food webs)。若再考虑其他一些关系,如对空间的竞争关系和其他竞争形式,那么实际生态系统中的关系就扩展为物种网络(species network)。

从资源过程的角度看来,这种复杂关系的含义非常简单。它意味着当人类把某一物种看作资源来使用时,必然在生态系统中引起一系列变化。而由于大多数生态系统的复杂性,这些后果是很难预测的,某些后果不可避免会损害未来人类的生存和生态系统本身的持续能力。

二、生态系统中的无机物

1. 几种重要无机物来源

自然界90种天然化学元素中,有30—40种是生物有机体所必须的。它们对生物的供给来自若干经历不断循环的元素和化合物。某些是气态因而包含于生态系统的大气圈中,某些呈固态或溶解状态因而包含于陆地和水域。在前一类中,CO_2 是植物光合作用所需要的,所以是很重要的一种物质。如果不是生物的呼吸作用和分解作用不断生成 CO_2(当然还有其他来源,如矿物能源的燃烧),那么全世界的植物会在大约一年内耗尽大气圈中的全部 CO_2 储备。氮、氧和水的不断循环对生命也有极大意义。像磷、钙、镁这些矿物元素也在生态系统不断循环,这对活物质也很重要。任何生态系统中如缺乏上述元素,都会造成某种限制。

关于生态系统中的无机物循环,已有许多模型,可参考普通生态学教科书。对自然资源研究而言,重要的是它们的来源和转换过程中的重要环节。

在自然界,生态系统获得无机物的来源很多。正如能量的情况一样,可以把植物看作无机物循环的起点。大气圈供给植物 CO_2,供给有固氮菌与其共生的物种以 N_2,这些植物又放出动物呼吸所需的 O_2。岩石的风化提供基本矿物元素,如钙、镁、磷、钾。水的作用方式有多种,或是参与土壤形成和岩石风化过程,或以流水的形态传输营养物质,或将从有机成分中散失的养分搬运走;水对植物蒸腾作用更是必不可少的,在此过程中,水把营养物质从土壤传输到植物体内。

2. 无机物循环及其中的重要环节

在天然状态下(不考虑人为干扰,例如收获取走物质,不合理土地利用引起的水土流失,又如人工施肥),营养物质流大部分保存在生态系统内,少部分由径流带出系统外。与系统内的循环相比较,系统外的输入和输出一般是较少的,陆地生态系统尤其如此。这与能量转换的情况不一样。以森林生态系统为例,起源于岩石中的矿物养分进入土壤,变成植物的组成成分,产生枯枝落叶,被土壤微生物矿化,再被植物吸收。如此循环,都在生态系统内进行(图6-6)。

森林生态系统物质循环中,真菌的作用特别重要。它们对诸如Ca,Fe,Cu,Na,P和Zn之类的养分起着一种储存器的作用。例如,热带雨林中的根瘤菌所持有的矿物养分是树叶中的85倍,而且它保持养分防淋滤的效率达99.9%。动物在物质循环中也起重要作用,在陆地分解者链中,它们对有机物碎屑进行物理搬运;在海洋中,浮游动物是磷和氮循环的关键一环。在气候不宜土壤生物存活的地方,例如北方针叶林带,有机物不断在林

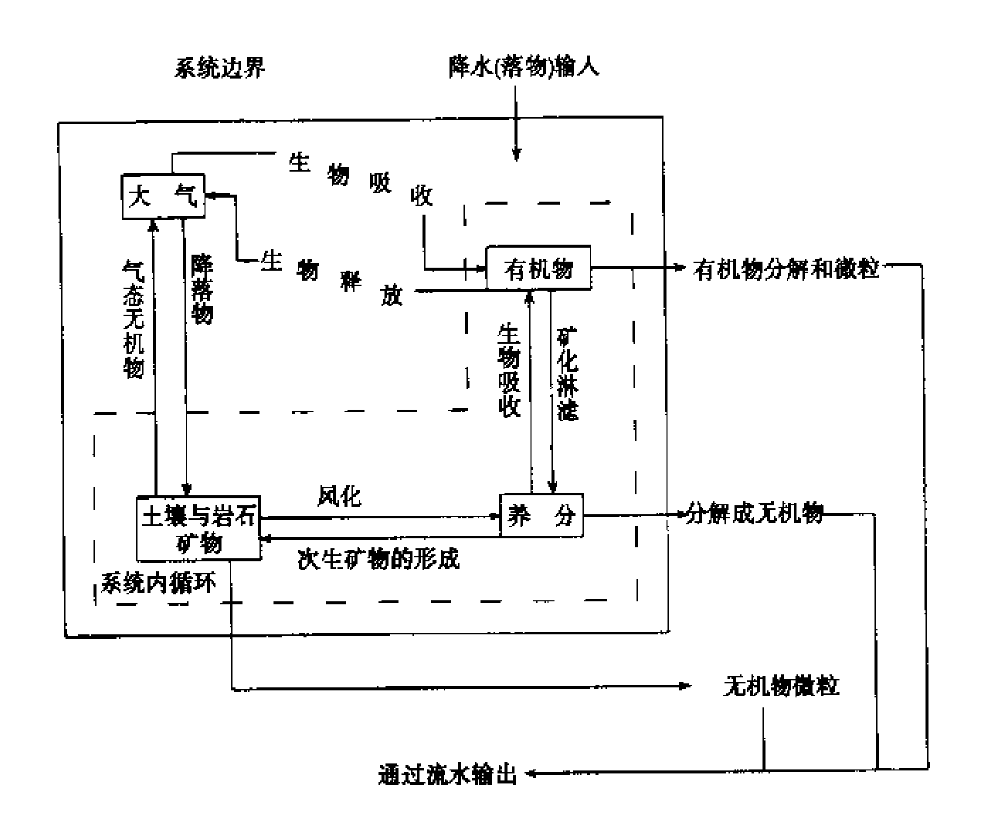


图 6-6 基本元素在陆地生态系统中的流动和储存图示

地上堆积,其分解主要由林火完成。在天然陆地生态系统中,生命物质对保存基本营养元素有非常重要的作用,总营养元素储备中约有 50%都储存在活的或死的有机体中。在生物种群演替过程中,正是由于生物积累了足够的营养物质,才使得种群演替成为可能;而成熟的群落也正是由于保存了其基本营养元素才能维持其稳定性。一个稳定的生态系统如森林,总能通过在土壤-植被亚系统内进行物质循环而保持其大多数营养物质,少数会由径流带出系统,但由于可从系统外得到部分输入(如降水和岩石风化)而保持平衡。如果由于某一生命物质组分的破坏(例如过度采伐或森林火灾)而使营养物质循环通路改变,则将使矿物元素和微粒物质迅速丧失,为下游的富营养化和沉积作贡献。

在受扰动的生态系统中,演替物种(如森林破坏后生长起来的灌木和幼树)对重建物质循环和积存营养物质起着重要作用。例如,有些灌木(pin cherry)积累氮的能力甚至比原始林高出 50%。因此,此类先锋树种的迅速生长显然可以把生态系统中的养分损失降至最低程度。

3. 人类活动对生态系统物质循环的作用

以氮循环为例,大气圈中的氮气是生态系统中氮元素的主要来源,由火山活动的补充来维持平衡。人类活动对循环的影响主要通过化肥生产实现,目前化肥工业从大气中攫取 N_2 的比率大约是天然生物固氮率的 26%;此外,矿物燃料的燃烧所释放出的氮氧化物量是生物释放量的 11%。再以磷为例,磷的主要储存库是地壳及其中的沉积层,它向生态系统的释放是非常缓慢的,但生态系统内流失却很快,尤其是在有土壤侵蚀的地方。水

土流失把磷元素带入深海，这对生态系统是一种绝对损失，因为能由此回到陆地上的仅仅依靠少量鸟和鱼的携带。人类磷矿采掘目前可为陆地生态系统补充的磷是 12.6×10^6 t/a，而陆地植物从土壤中取走的磷是 176×10^6 t/a，流水从土壤中带走的磷估计在 2.5×10^6—12.3×10^6 t/a 之间。可见在磷的循环中，人类作用是不可忽视的。磷肥的投入不仅取决于磷矿含量，也取决于能源，因为磷化工是一种高耗能工业。地壳中磷的总藏量(资源基础)是 28.8×10^{15} t；储量(包括探明含量和条件含量)约为 $3\,000\times10^6$—$9\,000\times10^6$ t，因此按目前的开发利用水平预计还可维持 240—720 年，若按预计增长速率则仅可维持 51 年。若再考虑到能源价格、技术进步等因素的变化，有关的估算将复杂得多；其影响所及也不仅限于生态系统中的磷循环。

人类身体的新陈代谢需要 40 种基本元素，人类的文化活动还需要其他一些元素。人类利用矿物元素的总趋势一直在不断加速自然界的物质循环，并引发一系列生态变化。自然界物质循环加速的一个结果是，地壳元素加速向海洋迁移。而在海洋中发现和开发这些元素，即使技术上可能，但在经济上是非常昂贵的，生态上则会具有破坏性。因此，在资源过程中设法扭转这种趋势，使营养物质向海洋中的迁移“短路”，这至少在理论上是值得向往的。

第三节　生物的资源意义

一、生物生产力及其资源意义

1. 净第一性生产

显然，生物生产力是全部可更新生物资源的关键，它也涉及生态系统中的非生物部分。植物和动物的新陈代谢对维持大气圈中气态物质的平衡起显著作用，全球水分循环也在某几个环节上与生物生产有关。生物生产也涉及到矿物原料，尤其在人类主宰的生态系统中(如农田生态系统)，人们会投入大量的矿物能源和元素。

因此，生物生产力在人类生产生活中具有十分重要的意义，但对生物生产力的研究却还是较新的课题，目前仍存在较大的误差范围。例如，生物生产率(productivity)的测定就非常困难，还需要精密的田间测试设备。通用的惟一办法是测算现存净第一性生产(production)和生物量。但由于有季节变化，尤其是短期生植物的生长量会是任一时刻生物量的好几倍，这样测定的数量与实际年生产力会有很大的差别。为了减少这些误差，也为了在国际上建立标准化的测算方法，人与生物圈计划中设立了一个项目叫“生物生产力及其与人类福利的关系”，已在 60 年代中期到 70 年代中期完成。这个计划对世界上的主要生物群落都作了研究，目的在于提供有关生物生产力的可比较信息(表 6-1)。

对各种生态系统作第一性生产力测算的结果显示，从可见生物量中测得的分布模式与植被外貌所表现的模式大致相同，即净第一性生产的生物量显然反映出对各类植被外貌的直觉评估。但有几个特点值得注意：热带森林的高生产力是预料之中的事，但河口湾和礁岛(常称为珊瑚礁，但称为藻礁更合适)以及诸如木本沼泽(swamps)和草本沼泽(marshes)的湿地也有很高的生产力，这却很少被认识到。在另一方面，大家都知道冻原和荒漠的生产力很低，但很少有人知道开放性海洋(openoceans)(占全部海洋的92%)也

表 6-1 生物圈中的净第一性生产及有关特征

生态系统类型	面积 ($\times 10^6$ km^2)	净第一性生产(干物质)			生物量(干物质)		
		正常范围 [g/(m^2·a)]	均值 [g/(m^2·a)]	总量 ($\times 10^9$ t/a)	正常范围 [kg/(m^2·a)]	均值 [g/(m^2·a)]	总量 ($\times 10^9$ t)
热带雨林	17.0	1 000—3 500	2 200	37.4	6—80	45	765
热带季雨林	7.5	1 000—2 500	1 600	12.0	6—80	35	260
温带常绿林	5.0	600—2 500	1 300	6.5	6—200	35	175
温带落叶林	7.0	600—2 500	1 200	8.4	6—60	30	210
北方森林	12.0	400—2 000	800	9.6	6—40	20	240
疏林与灌木	8.5	250—1 200	700	6.0	2—20	6	50
萨瓦纳(稀树草原)	15.0	200—2 000	900	13.5	0.2—15	4	60
温带草原	9.0	200—1 500	600	5.4	0.2—5	1.6	14
冻原与高山	8.0	10—400	140	1.01	0.1—3	0.6	5
荒漠与半荒漠	18.0	10—250	90	1.06	0.1—4	0.7	13
裸地(岩、沙、冰)	24.0	0—10	3	0.07	0.1—0.2	0.02	0.5
耕地	14.0	100—4 000	650	9.1	0.4—12	1	14
沼泽(木本与草本)	2.0	800—6 000	3 000	6.1	3—50	15	30
湖泊与河流	2.0	100—1 500	400	0.8	0—0.1	0.02	0.05
陆地总量	149		782	117.5		12.2	1 837
开放性海洋	332.0	2—400	125	41.5	0—0.005	0.003	1.0
上涌带	0.4	400—1 000	500	0.2	0.005—0.1	0.02	0.008
大陆架	26.6	200—600	360	9.6	0.001—0.004	0.001	0.27
藻盘与藻礁	0.6	500—4 000	2 500	1.6	0.04—4	2	1.2
河口湾	1.4	200—4 000	1 500	2.1	0.01—4	1	1.4
海洋总量	361		155	55.0		0.01	3.9
海陆总量	510		336	172.5		3.6	1 841

属此类。因此,陆地支配着全球生物生产的分布模式,这部分是因为太阳能在海洋中的穿透深度有限,部分是因为浮游生物死后沉积深海而使养分大量散失。

耕地在生物生产力的排序中位置较低,这是由于作物生长的季节性;由于植株间常需有间隙,因而耕地单位面积上的叶绿素数量相对较少,所以即使现代农业附加了很多矿物燃料的能量、水、杀虫剂和肥料,耕地的生物生产力与一些天然生态系统相比也还是较低的。但是,某些耕地在作物生产季期间的生物生产力是很高的,因此如能控制生长季(提高复种指数)对提高作物生产力很有意义。此外,作物的生物化学质量也使野生植物和农作物的数量对比没有很大意义。几种主要作物的净第一性生产及其与几种天然生态系统的比较,如表 6-2。

表 6-2 某些生态系统的年净第一性生产

系统	净第一性生产[g/(m^2·a)]
Spartina 盐沼(佐治亚)	3 285
荒漠(内华达)	40
20—35 年的人工松树林(英格兰)	2 190
20—35 年的人工落叶林(英格兰)	1 095
小麦(世界平均)	343
水稻(世界平均)	496
马铃薯(世界平均)	400
甘蔗(世界平均)	1 726
群集海藻养殖(户外)	4 526

注:所有系统皆未考虑化石能源的补给和有机物质的生物化学质量。温带作物的实际年生产力只集中在相对短的生长季里。

应该指出，干物质产量高的作物或植物，并不一定在经济上合意并在文化上可接受。因此，净第一性生产力研究中还应做更多的工作来考虑高产作物和植物在经济上和文化上的可接受性，而不是简单地以高产生物群落来取代低产植物或动-植物系统。

净第一性生产虽然并不是可全部直接获取的，但它确实代表了一个地区或国家在一个长时期里的可更新生物资源，人均净第一性生产量显示了一个国家对生物产品的自给程度，而食物是其中最重要的部分。

2. 第二性生产

如果说测算第一性生产都有很多困难的话，那么测定第二性生产的困难就更多了。食物网常常是如此复杂，不能简单地把某种动物归入某一营养级上；即使在简单的食物网中，也由于动物的移动而很难测算其生物量或能量值，尤其是那些不常见的物种。通常采用的测算法是用所谓净生长效率：

$$净生长效率 = 用于生长的能量 \div 消耗掉的能量$$

例如牧场上的菜牛，其净生长效率为4%；猪、鸡和鱼的效率大致相等，可达20%左右，这显然只适用于现代集约饲养方法。在天然系统中，效率要低得多。例如坦桑尼亚草原地上部分的净第一性生产为747 k cal/(m^2·a)，而食草动物的生产率仅为3.1k cal/(m^2·a)，净生长效率仅为4.1‰，实际上要略高，因为并非全部植物都被动物消耗掉。英国北部落叶疏林地的净第一性生产为6 247k cal/(m^2·a)，其中只有14k cal/(m^2·a)被食草动物消耗，净生长效率仅为2.2‰。可见，第二性生产不仅受第一性生产限制，还受第一性产物被食草动物利用的程度以及它们转化为动物组织的效率限制。

生物生产力的全部讨论对于资源过程的意义可用二字来概括：极限。它包括到达地球的太阳辐射总量的极限，以及由于入射能量中一般仅有0.1%—0.3%转换为净第一性生产而出现的光合潜力局限。在无机养分方面也存在极限，无论就其供给量的相对短缺，还是就其循环周期之漫长而言，都是如此。此外，由于食物网上的每一环节都有能量损失，第二性生产及后续各级生产的局限就更为严重。同时我们还应看到，通过分解者链的有机物质流也是大量的，其资源价值还未得到应有重视。

二、生物多样性及其资源意义

生物多样性有几个层次的含义：①遗传多样性，包括一个物种内个体之间和种群之间的差别；②物种多样性，指一个区域内动植物和其他生物的不同类型；③生物群落或生态系统多样性，指一个地区内（例如草原、沼泽和森林地区等）各种各样的生境。有人还增加了第四个方面，即功能多样性，指在一个生态系统内生物的不同作用，例如，植物的作用是吸收能量，而草食动物的作用在于使植物的生长受到控制。

每个水平的生物多样性都具有实用价值。例如，遗传多样性对玉米的收成是很重要的，某些玉米品种具有抵抗某些害虫的独特天性，农民遇到虫害时，可以选用这些特性而避免使用大量农药或遭受收成的重大损失。

物种多样性为我们提供大量野生的和家养的植物、鱼类和动物产品，用作药品、化妆

品、工业品、燃料与建筑材料、食物及其他物品。从野生物种中提取出来的产品是传统及现代医学的基础。例如,美国已有1/4配制的药品含有从植物产品中提取出来的有效成分。适于在不良气候和土壤中生存的新的药用植物及粮食作物可以提高气候严酷和土壤贫瘠地区的生物生产力,改善全球日益增长之人口的健康和生活水平。

多样性在生态系统中的重要性有一部分是由于它们可以为人类提供多种服务——水、气体、营养物和其他物质的循环。例如,湿地可以改善降雨时的水流,并在此过程中滤去沉积物。又如菌根真菌和土壤中的动物有助于植物获取营养物,对于维持粮食作物、饲料和木材的生产具有极为重要的作用。此外,生物多样性还由于野生生物和荒野地区所提供的旅游、娱乐效益而备受青睐。

尽管至少2 000多年来,人类已系统地计算并划分人类以外的生物,关于物种数量的估计却差别很大。最好的猜测认为物种的总数量在300万到3 000万之间,其中至今已被肯定的最多只有180万种。大多数鸟类、哺乳动物和植物已有科学的记录,但其他种类却所知甚少,例如绝大部分的昆虫和微生物(包括病毒、原生动物和细菌)。世界上大多数的生物多样性处于热带——大约世界物种的40%—90%生活在热带森林。最近,国际鸟类组织搜集了全部鸟类品种和50 000 km^2 鸟类繁殖地区的信息。他们发现,这些物种的繁殖地带有3/4在热带地区,并且,全部鸟类品种的20%局限于全球陆地总面积的2%之内。像地中海气候区、珊瑚礁、岛屿和一些湖泊地区是物种特别丰富多样的生境。

三、种群增长与控制

在生态系统中,生命物质形式的能量流和物质流,以及生物个体对其环境空间的适应都可用某一物种的种群动态来表达。搞清植物、动物甚至人口的数量动态变化,对认识生态系统和生物资源,以及人口增长与资源极限的关系都是很重要的。

1. 种群增长潜力

对动物和人来说,一个物种的个体数量取决于出生率和死亡率之间的关系,当出生率超过死亡率时,种群(人口)就会增加;反之,当死亡率超过出生率时,种群将会减少甚至消亡。

对于生殖性种群(breeding population)而言,种群增长可用下式表达:

$$N_t = N_o e^{rt} \qquad (1)$$

式中,N_t 为 t 时的个体数,N_o 为 o 时的个体数,e自然对数的底,r 为种群增长率,t 为逝去的时间。

其增长曲线呈指数形式(图6-7),此类增长率称为指数增长,其数量增长的潜力是很高的,按这种增长率,种群翻番所用的时间如表6-3。

表6-3 不同增长率下种群翻番的时间

年增长率(%)	种群翻番的时间
0.5	139
1	70
2	35
3	23
4	18

可见,即使很低的增长率也会使绝对数量很快增长。举一个极端的例子,一个细菌在

20分钟内可以分裂为二，15天之内可以1英寸[①]的厚度覆盖整个地球，再过1小时覆盖厚度就会达6英寸。这种事情之所以没有发生，是因为有很多因素阻碍了它的增长，此类因素称为环境阻抗（environmental resistance）。没有这类阻抗，任何种群的潜力都会无限扩展。事实上，指数曲线总是在生境的承载能力值（K）上平展（图6-7），这可用下式表达：

$$N = \frac{K}{1 - e^{a+rt}} \qquad (2)$$

此式说明一个种群会不断地、无灾变地增长到接近外渐近线，此时 $r = 0$，a 为积分常数。种群也可能超过这个数值，然后由于死亡率增高和出生率减小而回落（可能有所波动）到承载能力以下（图6-8）。

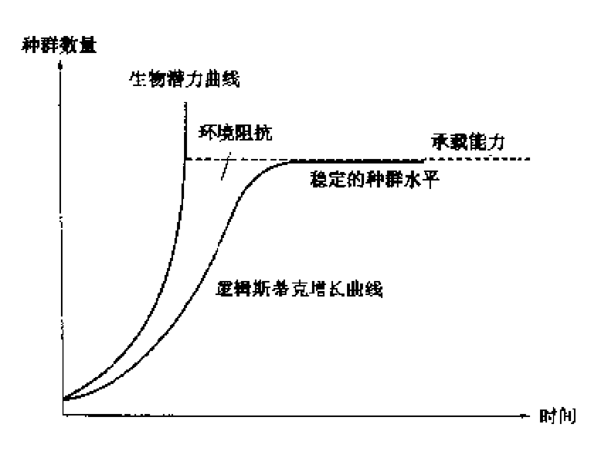


图6-7

逻辑增长曲线在承载能力上平展，其原因是诸如图6-9中的那些因素所施加的环境阻抗不断增加，如无此类因素，任何生物的增长潜力曲线都会产生可怕的绝对数量

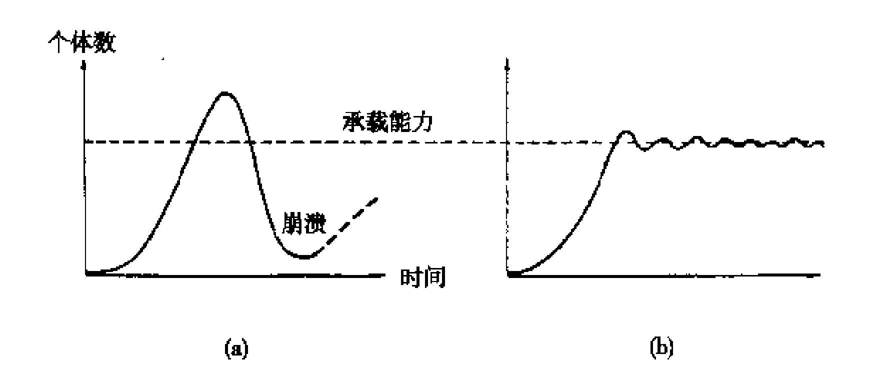


图6-8

(a)某些种群迅速增长到超过其生态系统的承载能力，然后"崩溃"；(b)另一些种群则在承载能力水平上平展，虽然会围绕该水平有所波动而不会保持不变

2. 限制因素

环境阻抗又称限制因素，一切妨碍物种实现其全部种群增长潜力（繁殖潜力）的环境要素在生态学上称为限制因素。查理·达尔文将限制因素分为四大类，即食物供应、气候、疾病及异种捕食。

食物供应对种群增长的限制作用是不言而喻的，有人认为恐龙的灭绝、鲸的下海都与食物供应短缺有关。而当今和历史上的人口减少，也大多因饥荒引起。

气候因素的限制最明显地表现在某一特定地区动、植物的种类和数量上。例如，在北

① 1英寸＝0.0254m。

极冻原，只有很少几种动植物能够抵御严寒；而热带雨林温暖、潮湿的气候则对很多动植物生长都有利。

疾病曾有效地控制了人口的增长(如13—14世纪欧洲的黑死病)，人类也利用这个因素来控制那些对人类不利的有机体的繁殖。例如本世纪初，有人从英国把兔子引入澳大利亚，由于在新的栖息地没有天敌，这种兔子很快至40年代在牧场上泛滥成灾，与牛、羊争夺牧草。后来，在40年代后期，澳大利亚人在兔群中施放了粘液瘤病病毒。没过几年，这种动物在澳大利亚就几乎绝迹了。

上例中的兔子在英国的增长潜力却受到限制，是因为狐狸、鹰等捕食动物和人类的捕杀，这就是异种捕食的作用。

当代生态学家尽管在用语上有所不同，但都不反对达尔文所列的上述4个主要限制因素。然而，他们进一步提出一些其他因素，如群体过密。约翰·卡尔霍恩(John Calhoun)在研究了群体过密对田鼠和家鼠的影响后，发现许多本来健康的母鼠当群体达到一定密度时就不育了。也有人推测，旅鼠几乎是自我毁灭性的周期性迁移也与群体过密有关。而低等动物增殖的控制因素常常是外部的，还有其他一些因素。上述因素之间及其与种群增长之间的关系可表示如图6-9。

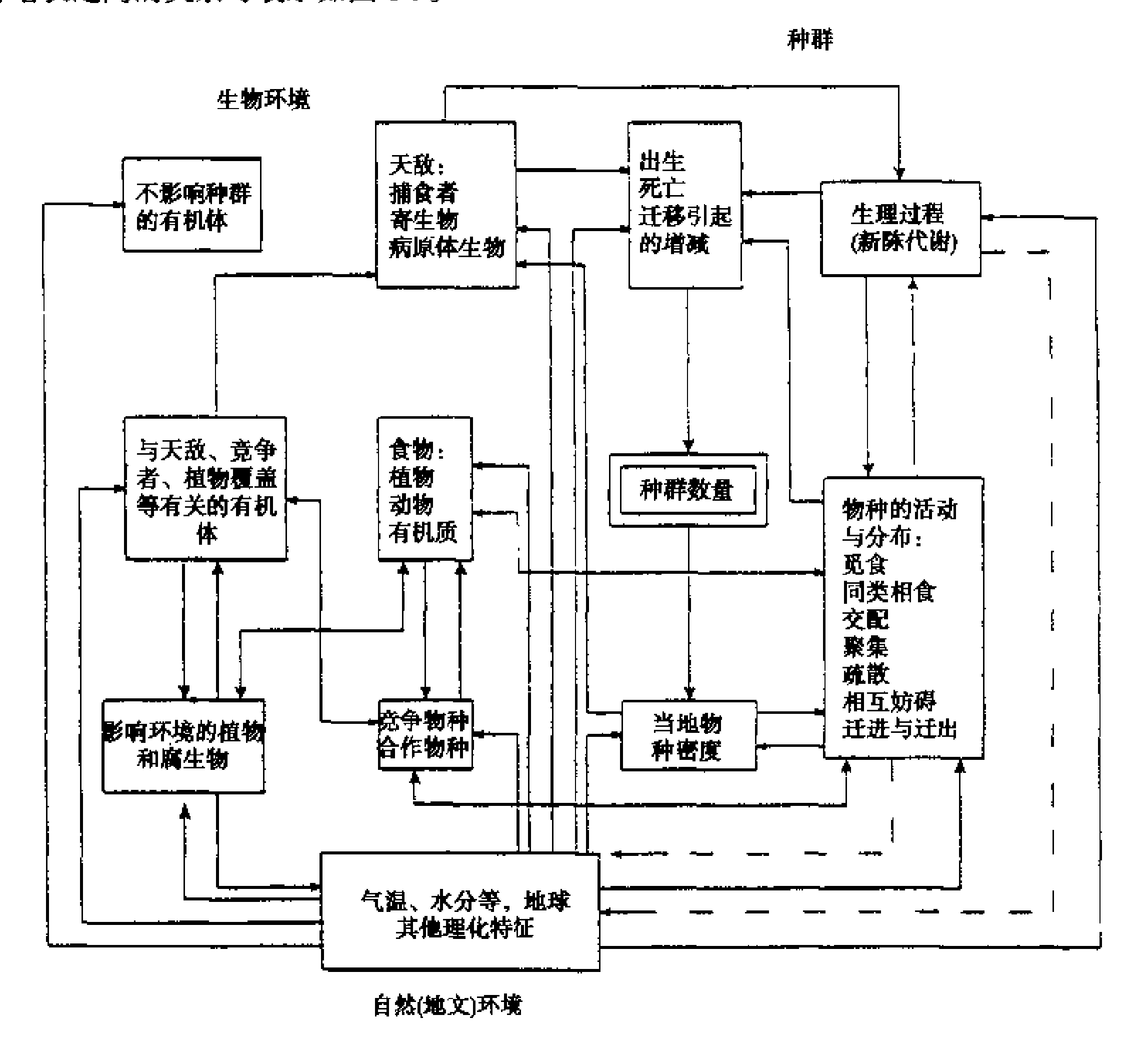


图6-9 作用于动物种群的主要因素

这些因素形成环境阻抗，使得种群不能超越其环境的承载能力

3. 人口控制

人是有智慧的动物，人除了有生物性外，更有复杂的社会性。因此，人口控制与动物种群控制既有联系又有本质区别。作为“理智”的人类，对于其种群控制显然必须研究三个基本问题：

(1) 研究和了解人类种群的增长型；

(2) 定量测定人类种群的最适大小和结构(与一定尺度环境范围内的自然资源承载力相关)；

(3) 研究如何采取“文化调节”措施，尤其是在自然调节不起作用(或者不可接受、没有意义或为时太晚)时。

关于第(1)个问题，人类种群的增长型与S型或J型不尽一致。由于人的生态幅较宽，人类社会的缓冲能力较大，因此人类的“自我拥挤效应”和过度利用资源的效应有一定的滞后。这就使种群密度和数量在开始感觉到有害效应以前已超越了承载力限度。对此，人类可以有2个基本的选择。其一，如图6-8(a)的模式，人口增长继续不受限制，直到超过自然资源的承载能力，然后是人口大量死亡，或忍受深刻的灾难，直到种群数量下降，或者承载能力上升(如果有可能的话)。如此往返波动。事实上，地球上已有部分地区经历过或正在经历这个过程，只要稍有干扰，如洪水、旱灾，一季作物歉收，就造成成千上万人的死亡。对这种灾难往往归咎于“天灾”，其实倒不如说是“人祸”，它是人口过度增长所造成的。其二，人类自觉采取有责任心的态度，预测承载力限度，建立人口控制机制，降低出生率，合理利用资源，保护环境，适度消费等等，提高自然资源承载能力，这样使人口数量保持在临界限度(甚至是最适承载能力)之下(如图6-7)。

关于第(2)个问题，根据现在联合国食物与农业组织(FAO)所作的人口承载能力研究，许多国家正作的自然资源承载能力研究，以及各国各地区的人口计划，都在努力研究这个问题，这是为解决第一个问题所必须的。

关于第(3)个问题，目前的主要观点可归纳为2种：①技术可以解决人口、资源与环境问题；②技术只能延缓灾难发生时间，而不能根本解决人口、资源与环境的困境，必须采取道德、法律、政治和经济的约束措施。

第四节　自然资源利用与生态系统中的熵

1. 热力学第二定律与熵

我们在前面论述生态系统中的能量时曾提到热力学第二定律：所有正转变其形式的能量都倾向于转变成热能而消散。当时是指食物链上的每一环都有能量损失而不能百分之百有效地转变为潜能(生物组织)。其实热力学第二定律具有更普遍的意义，可作如下陈述：在一个封闭系统中，当任何过程中所有的贡献因子均被考虑时，熵总是增加的，而且是一种单方向的不可逆过程。

简单地说，熵是表示物质系统状态的一种度量，用它来表征系统的无序程度。熵越大，系统越无序，意味着系统结构和运动的不确定和无规则；反之，熵越小，系统越有序，意味着具有确定、整齐的结构和有规则的运动状态。熵(entropy)的外文原名意义是转变，

指热量转变为功的本领。其量纲是能量被温度除,单位可用"焦/开"(J/K)。如果一个物体的绝对温度为 T,当对其加进热量 ΔQ 时,该物体的熵(记为 ΔS):

$$\Delta S = \Delta Q \div T$$

所以"熵"的中文意思就是热量被温度除的商。

热力学第二定律指出:热量总是由温度较高的物体向温度较低的物体流动,而不能自发地由低温物体向高温物体流动。在封闭系统中实际发生的过程,总是使整个系统熵增大,自发地由有序到无序,使系统从非均衡态趋于均衡态。均衡态的特征是熵最大、系统最无序。

熵是物质系统的热力学(状)态函数(由系统的状态决定,而与系统的历史过程无关),其值和系统间以作功的方式传递的能量有关。能量固定的一个系统,当其熵等于零时可以转化为功的能量等于它的全部能量;熵达最大值时可以转化为功的能量等于零。因此可以把熵看作"有效能"的测度,即熵越大,有效能越小;熵越小,有效能越大。

系统中能量转化为功的前提是必须有"温度梯度"存在,换言之,热机为了做功,必须存在着热端与冷端的差异。随着每一时刻热能的转换,两端间的冷热差异也相应减少。最后当熵达最大值时,差异消失,系统达到完全均衡的混乱状态,变成完全随机的、无方向选择的无序的极限。因此,也可以把熵看作"有序"程度的测度,即熵越大,系统越是混乱无序;熵越小,系统越是有序。

自然资源过程中,参与者既有无生命系统(自然地理系统)的成分,也有生命系统(天然生态系统)的成分,还有以人类社会经济活动为中心的人类生态系统成分。这样,在资源系统的动态变化中,既有热力学第二定律中"热机"的熵增特点,也有"生命机"工作中的负熵增特点。因此,在近年来的资源研究中,已逐步引用熵概念来说明自然资源利用的某些更深刻的共同性质。

2. 生态系统的耗散结构

按热力学第二定律,宇宙的熵在不断增加,意味着越来越多的能量不再能转化为有效能了,于是一切运动过程都将停止,宇宙将走向"热寂"。然而地表自然界以及人类本身迄今却是由简单到复杂,从低级向高级,从混沌到有序地进化发展着。这不与热力学第二定律的推论相悖吗?原来生态系统并不是封闭的而是开放的,开放系统不断与外界交换能量与物质,形成足够的负熵流,使系统的总熵不增长,甚至减少。这样开放系统就能够远离均衡态而产生有序稳定的结构,这就是耗散结构。

耗散结构论认为,一个远离均衡态的开放系统,在外界条件变化达到某一特定阈值时,量变可以引起质变;系统通过与外界不断交换物质能量,可以从原来的无序状态变化为一种时间、空间或功能上的有序状态,这种非均衡状态下的新的有序结构,就叫做耗散结构。耗散结构要求不断地与外界交换物质和能量才能维持,所以它是一种"活"的有序结构。"耗散"的含义正在于这种结构的产生、维持和发展的根源是物质和能量的耗散。这也正是自然资源开发利用过程中的本质,开发利用即自然资源的消"耗",开发利用后果随之扩"散"。

比利时物理学家普利高律创立的耗散结构理论成功地解释了远离热力学均衡态的系

统机理。生态系统是耗散结构的典型例子,它有一定的功能、结构与自我调节能力。生态系统的生产者——绿色植物固定太阳能,为整个系统输入负熵流,负熵流经过消费者(食草动物、食肉动物)复杂的食物链和分解者的渠道流通转化、消耗散失,最终输出到环境中去。

普利高律指出:"非均衡是有序之源",这种非均衡条件下形成的有序结构是"活"的有序结构,这一方面是指它必须不断与环境交换能量与物质,新陈代谢,吐故纳新;另一方面指它是一种自组织现象,是一种动态有序,这种产生新的有规则(有序)的运动过程就是自组织现象,或称自组织。所以耗散结构理论也称为系统自组织理论。

自组织过程中会有一些随机的所谓涨落。涨落不仅是形成耗散结构的杠杆,而且小涨落也是耗散结构保持有序态的条件,它使系统表现出自我调节的能力。当小涨落扩大为"巨涨落"时,系统的旧有序态就被破坏,系统将进化或退化,在新的水平上形成新的稳定结构。

3. 自然资源与熵

在地球不断接受太阳能并将其作各种转化的过程中,地球的熵值不断下降,相应地其间所包括的物质与能量会形成具有结构的、非均匀分布的有序状态,形成自然资源;另一方面,人类在自然资源的开发利用过程中,又不断向环境散热,使熵增加,改变地球物质与能量的结构和有序状态。这种资源过程与熵的关系如图 6-10 所示。

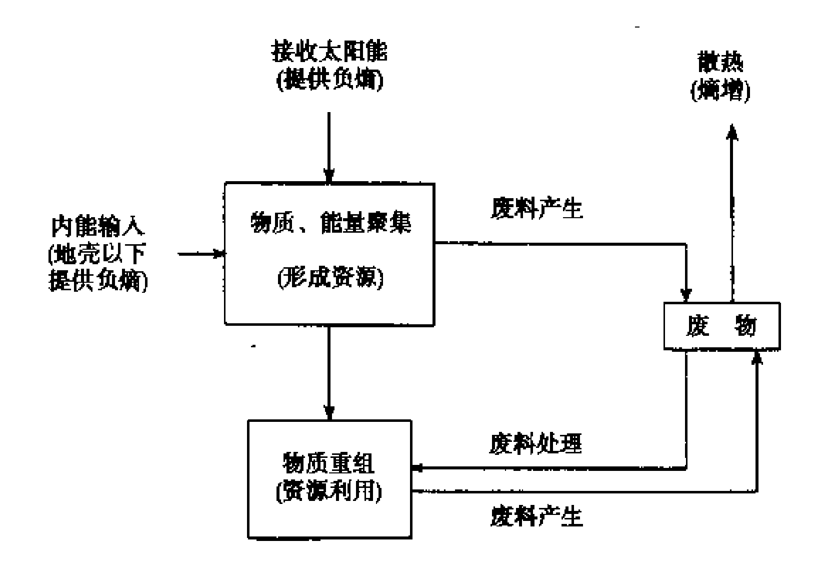


图 6-10 资源与熵的关系图示

可以把熵与负熵的概念引入到自然资源的性质中。所谓"高质量"的自然资源,可看作是由"负熵资本贮存"所组成的。随着这种具有"高质量"品位的利用,自然资源逐渐变成了"低质量"品位的形式,其"负熵资本贮存"也就相应地减少。

显然,生物资源归根结底是来自太阳的负熵的聚集,化石燃料也是如此。无机矿物要形成资源,需要有一定的富集程度,也是由太阳能所驱动的风化、沉积、搬运等过程所产生的,因此也可以看作是主要来自太阳能(当然也有来自地球内能)的负熵贮存。

低浓度的自然资源如金矿与银矿,可以通过各种方式提高其品位,但要依赖能量的消

耗。所要求的品位越高,需要提供的有效功也就越多。技术进步可以增加这一过程的效率,可是无论如何,不对其投入能量是办不到的。随着一定数量有效功的投入,相应地负熵也就增加并贮存于自然资源之中。举例来说,石油、煤、天然气资源中负熵的耗散,产生电力,以便从铝钒土中分离出纯铝。对于铝钒土,其品位的提高取决于石油等负熵的减小,相对地它本身的负熵贮存却在增加。

从系统科学的观点认识,自然资源的开发与利用,就其本身而言是它的"负熵耗散";但是就它所起的作用以及由它而得益的系统而言,则是"负熵的贮存",二者之间并不相等。所提供的负熵,一部分由于各类原因转化为无用功,并不能被全部有效地利用;一部分负熵还必须去补偿由于释放负熵时留下的废物所造成的环境损失。

可更新资源的利用,若其负熵的耗散超过了来自太阳能的负熵的补充,将使资源走向无序和退化。如林术的过伐,土地的过垦,草原的过牧,都将导致生态环境的恶化。此外,不可更新能源的利用,最终将以一种低品位(或无序)的"废物"的形式耗散。不仅其本身的负熵贮存被消耗,而且会向环境释放熵,导致可更新资源的退化。例如化石燃料的大量消费,使大气圈受污染,损害植被覆盖层,导致地表温度升高,接着自然蒸发力变大,水分损失加剧,土壤抗蚀力减弱,表土流失,河床淤积抬高,洪水泛滥机会加大,最终导致生态环境的恶化。总之,当"废物流"注入到自然环境中并致使其污染后,必然破坏生态平衡。一个稳定的系统一旦被干扰,要过多长时间或在多大程序上才能恢复它的平衡或抵达一个新的平衡,目前对这一点的认识并不十分清楚。可以肯定的是:一旦生态平衡被破坏,要使其恢复或达到新的平衡,必须花费更多的资源和人力去进行治理,而这又会从根本上引发不可更新资源的进一步消耗。这种越演越烈的反馈圈,只有实施合理的调配,才不致走向崩溃。合理的调配就是前文所述的技术进步和社会经济约束。技术进步增加了我们对低品位资源的开发能力,同时有效地增加了可利用部分的数量和质量。从这点看,技术进步的确相当于有效的"负熵贮存"。

4. 人对资源过程中熵的调控

关于人类对生态系统的调配,使人想到100年前麦克斯韦对热力学第二定律的诘难。他假设有一个容器里充满了温度均匀的空气,所有的分子都作无序的、随机的运动,这就相当于一个处于均衡态和封闭系统,再假定把这个容器分成甲、乙两部分,分界上有一个小孔,有一个能识别单个分子的假想物,它打开或关闭分界面上的小孔,使得只有能量高的分子从甲跑到乙,而能量低的分子从乙跑到甲。这样就在不消耗功的情况下,乙室温度升高,甲室温度降低。这就违反了热力学第二定律,封闭系统竟然从无序走向有序,总熵降低了。麦克斯韦这个破坏热力学第二定律的假想物,被人们称作麦克斯韦妖。现在人们普遍认识到,这个麦克斯韦妖必须是有智力的假想物;它要识别空气分子的运动速度,又必须有光;要开启小孔的阀门,又要作功。可见只要有麦克斯韦妖工作的系统,就不再是封闭系统了,需要从外界输入能量和信息,也就是负熵。这样,那个系统总熵的降低也就可以理解了,并不违反热力学第二定律。

如果把自然资源系统比喻作麦克斯韦假想的容器,人就是麦克斯韦妖。人是智能生物,能识别并获取负熵物质。人将负熵物质集中到乙室,使它成为比甲室(环境)更为有序的系统。这个乙室就是人类生态系统。人这个麦克斯韦妖为了生存,工作一直很有成效,

人类生态系统高度发展，有序程度越来越高。同时环境(甲室)也付出了熵增的代价。目前世界人口已超过60亿，维持如此众多的“麦克斯韦妖”的生存已成了大问题，看来人类对生态系统的调配并未能尽如人意，还须认真研究，掌握技巧，以便更好地驾驭它。

第七章　人类在资源过程中的作用

自然资源的概念是相对于人的需要而言的，生态系统中的物质能量之所以成为自然资源，自然资源之所以得到开发利用并产生相应后果，都是因为有了人类。显然，人类是资源过程中最主要的组成部分，而且其作用远大于其他任何组成部分，可以说整个资源过程的持续性都维系于人类行为之上。

第一节　人类的优势地位与能动作用

在生态系统中占据最大优势地位的物种是人类，一般人都把这种状况视为理所当然，例如西方宗教就把自然界看作是上帝创造出来让人类去支配的。其实人的优势地位并非不可动摇，如果人类滥用其支配权，就会导致自然资源系统的崩溃，我们在前一章已看到了这种可能性的种种迹象。为了维持整个自然资源系统的持续性，有必要认识人在生态圈中的优势地位是如何确定的，认识人的优势地位表现在哪些方面。

1. 人口数量

一般物种的种群增长由于受到各种限制因素的制约，其总数不会永远呈指数增长趋势，而是在一定的时候大致维持在系统对该物种的承载能力之上(图 6-7)。

然而，我们在前面已经看到，迄今人口的增长历史表明，人类是惟一呈指数(J 形)增长的物种，而且在今后相当长的一段时间内人口数仍呈 J 形增长(图 3-1)。虽然从理论上讲全球应出现一种地球自然资源系统可以维持的稳定的人口水平，而且就国家或地区而言也有了人口数稳定在某一水平的实例，但世界人口增长曲线什么时候会呈 S 形，现在尚不很清楚。因此，在种群规模和增长方面，人类显然已在全球生态系统中占据绝对优势，并将继续发展这种优势。人类之所以能达到这种优势地位，与其他的优势地位是有关系的。

2. 人类的适应能力

大多数物种都局限在狭小的适宜生态环境内，例如大象只能生存在热带，北极熊仅出现于寒带。而人类则占据地球上广阔的领域，在几乎所有生态系统中都能生存。这是由于人类具有极强的适应能力，包括生理上的适应能力和文化上的适应能力。按著名地理学家卡尔·苏尔(Carl Sauer)的看法，人类最宝贵的适应能力是其消化能力，这使人类能吃各种各样的食物。人处在食物网中任何消费者级别上都能生存，因此某一食物链的中断对人类的影响不大，他们可以转向另外的食物链。人类还创造了各种各样的生活方式，从而能适应不同的环境。

3．人类的意识和智力

人类是惟一具有反射性意识能力(即增强自己智力的自觉性的能力)的物种。由于有了这种意识,某些潜在的限制因素所造成的问题,对人类来说只不过是用文化手段适应环境就可以解决的问题。例如天气太冷不适于生存,只需穿上衣服就能解决。使用工具是人类适应能力的一个重要方面,虽然其他动物也有使用工具的,但没有一个种类能够制作出人类水平的工具,而且没有一个能像人类一样依靠工具来维持生存。人类又是惟一具有主观能动性、能有意识地计划和控制自己行为的物种。人类又是惟一靠教育传授本领和知识的物种,因而能使每一代人的智慧、经验和技术得以积累,使文明和技术不断发展。因此,人类已部分地从本能和天然遗传中得到解放,其进化的动力主要是在文化方面而不是在生物学方面。人类与其他物种的最大不同之处,在于人类具有通过改变自己的文化而不是通过改变物种的遗传因素来改善自己与环境的关系的能力。

4．现代人类的社会化大生产和现代科学技术

当代人类在生态圈中的优势地位的最重要方面,在于已形成社会化的大规模生产力,并且掌握了似乎无所不能的科学技术。人类可以靠社会化生产和科学技术大规模提高食物产量,解除食物资源短缺的限制;靠科学技术在极地建造温室,解除不利气候的限制;靠科学技术控制疾病,大大提高人类寿命,降低死亡率;甚至可以在一切生物皆不能生存的太空和外星创造出适于人类生存的环境。人类的社会实践活动已深刻地改变了自然资源系统的形态、结构,影响着它的前途和命运。人的行为和活动已具有了全球规模,就其威力和对自然资源系统的影响而言,堪与地质力量和达到地球的太阳能相比。

但人类毕竟是自然界的产物和其中的一部分,是源于自然、依赖自然的一个生物种群,人类与自然资源系统的其他组成要素具有千丝万缕的联系,其中最重要的是物质能量联系。

第二节　人类在资源过程中的联系与影响

一、人类与环境的物质能量联系

能量是联系人类及其环境的重要中介,这种中介的形式是多种多样的。首要的一种形式显然是人力本身,它只需要一般的生存条件就可直接发挥作用,虽然社会组织可以极大地改变其效率。而其他形式的能量在对人类来说是外在的,在成为有用的作功方式以前必须经过转换利用,并因此需要对它们有某种程度的认识。我们已经看到,人类在进化过程中先后认识而加以利用的外部能量形式有火、畜力、风力、水力、化石燃料和原子能,现在还开始了有经济意义的太阳能、海洋能、地热能等新能源的利用。随着人类利用外部能源的进展,对其他自然资源的利用也不断加速,自然资源系统的人口承载潜力不断提高。

当代人类社会的主导能源是矿物燃料。人类利用储藏于煤、石油、天然气中的能量,以及水力和原子能,使自然资源的开发利用达到了前所未有的规模,整个经济不断向能源

密集型发展。人类对自然资源的态度主要被眼前的经济利益所左右，克服目前问题的主要途径是进一步扩大人类经济活动。这种趋势是难以持续的，因为当代经济赖以为基础的矿物燃料是不可更新资源，迟早要面临资源枯竭的问题；此外，这种形式的人类活动带来了严重的环境影响问题。

以当代农业为例，它是靠巨大的物质能量投入维持的。矿物能源取代了传统的人力和畜力，耕作实现机械化，化学肥料投入迅速增加，除草也以机械方式或化学方式进行，农药的使用也加剧了物质能量投入及其环境影响……图 7-1 概括地表示了现代农业中的能量流，可见矿物燃料的重要作用，它使每个农业人口可以养活 32 倍于己的城市-工业人口，然而其资源代价也是巨大的。有人算过一笔经济账，美国每公顷谷物产量大致值23.4 美元，而需投入的物质能量就值 21.87 美元。此例和图 7-1 中都还没有包括这种投入的副作用和环境影响。

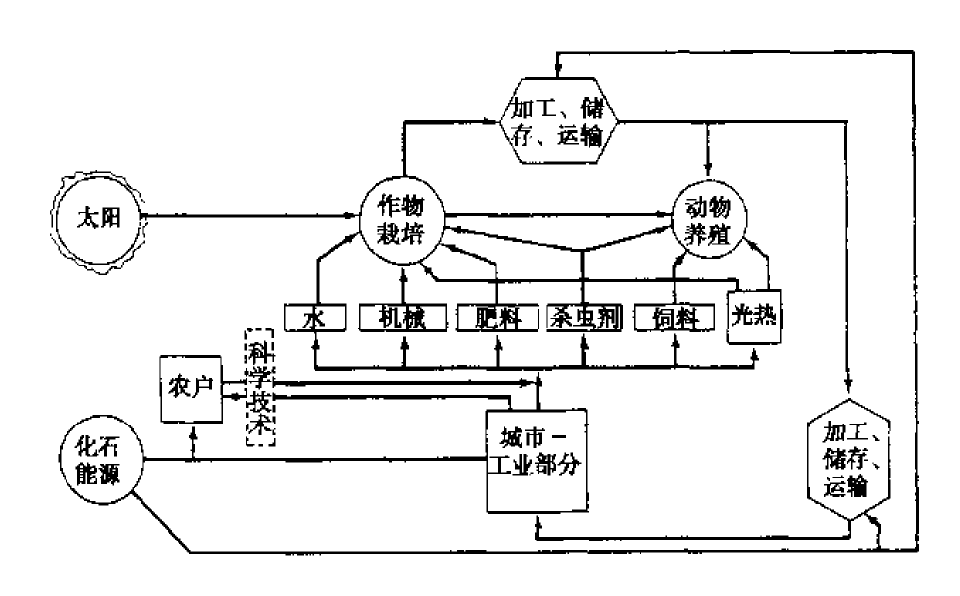


图 7-1　当代农业中能量流的简化网络图示

表 7-1 和表 7-2 显示了能源作为一个极其重要的因素在人与环境关系中的作用。从表 7-1 中明显可以看出不同食物生产系统中的相对生产率(以干物质量和能量含量表示)，可以看出从无化石能源辅助的系统到有化石能源投入的系统生产率急剧增加。

表 7-2 把食物生产放到更广的背景上来考察，即按照能量特征和密集程度来作资源系统分类，然后考察各类资源系统中人对能量流的影响。最上面是天然的资源系统，其中人类仅在狩猎-采集水平上起作用，人与自然都未给食物生产提供任何能量辅助。第二类是天然辅助的资源系统，其中有天然的额外能量输入，最典型的例子是潮汐为河口湾和藻(珊瑚)礁带来能量和营养碎屑，也带走废物；另一个典型例子是红树林河口，洪水带来稳定的淤泥输入。第三与第四类资源系统都受到化石能源输入的作用，并有赖于其他系统提供物质。甚至还有需要更多能量投入的系统，例如宇航员在太空的生存环境中，每人每天需要 2.7×10^{12} kcal 的能量投入，这简直是一个天文数字。

表 7-1　自然资源系统的食物生产率(净第一性生产中的可食部分)

农业水平	干物质[kg/(hm²·a)]	能量[J/(m²·a)]
食物采集文化	0.4—20	840—41 870
无化石能源辅助的农业	50—2 000	104 675—4 187 000
有化石能源辅助的谷物农业	2 000—20 000	4 187 000—41 870 000
有能源辅助的海藻养殖理论值	20 000—80 000	41 870 000—167 480 000

表 7-2　按能量流划分的生态系统类型

生态系统类型	能量流[J/(m²·a)]	
	范　围	均　值
①无额外天然太阳能辅助的生态系统,如开放性海洋和高地森林。人的作用:狩猎-采集	4 187 000—41 870 000	8 374 000
②有额外天然太阳能辅助的生态系统,如潮汐河口、低地森林、珊瑚礁。自然过程有助于额外太阳能输入,例如潮汐,波浪带来有机物质或促进营养循环,额外太阳能进入有机物质生产过程。这是地球上最有生产力的天然生态系统。人的作用:捕鱼、狩猎、采集	41 870 000—209 350 000*	83 740 000
③额外人为太阳能辅助的生态系统,如在传统农业中由人力或畜力辅助的食物与纤维生产生态系统,以及现代机械化农业中由化石能源辅助的农作生态系统。例如,绿色革命使作物不仅利用太阳能,也利用化石能源作为肥料、杀虫剂,并常需灌溉,某些水产养殖生态系统也属此类	41 870 000—209 350 000*	83 740 000
④化石能源辅助的城市-工业系统。化石能源已经取代太阳能成为最主要的直接能源。这些生产财富的经济系统,也是环境污染的发生器。它们依赖上述1—3类生态系统提供生命支持(如供氧)和提供食物	418 700 000—12 561 000 000	837 400 000

* 最有生产力的天然生态系统以及最有生产力的农业系统看来也有上限,即 209 350 000 J/(m²·a)。

二、人对资源过程的影响

1. 限制因子与人类活动

自然资源过程在很多方面都与生态系统的相关概念相联系,其中最重要的是限制因子概念。德国科学家李比希(J. V. Liebig)1840 年在研究各种环境要素对植物生长的影响时发现,“植物的生长取决于处在最小量状况的营养要素”,这被称为李氏最小因子定律(law of minimum)。例如,作物的产量并非经常受那些大量需要的环境要素(如二氧化碳和水)的限制,而是受诸如硼一类的微量元素限制。后人进一步发现,不仅某些要素太少会成为限制因子,像热量、水分、光照这样的要素太多也会成为限制因子。这样,生物对环境要素的要求就有一个生态学上的最大量的最小量,其间的幅度就是耐性限度(limits of tolerance)。英国科学家谢尔福德(V. E. Shelford)1913 年把最大量和最小量限制作用的概念合并成耐性定律。将最小因子定律和耐性定律综合起来,就产生了限制因子概念——生物的生存和繁荣取决于所有环境要素的综合状况,任何低于或超过耐性限度的要素都可以称为限制因子。也就是说,生态系统的质量和稳定,取决于所有环境要素的量是否都处于耐性限度,只要有一个要素成为限制因子,其他要素再优良也不可弥补。限制因子不仅指环境因子,也包括种内攻击和种间竞争。每一种因素都有一定耐性限度,而且

会随着其他因素的变化而产生协同变化。

在天然生态系统中，最基本的限制因子必然是投射进该系统中的太阳能量，但是在这个总限制范围内还会有很多其他的限制因子起作用。某一种矿物养分的供给不仅会限制植物的生长，而且由于它对动物的新陈代谢有重要作用，因而也会限制动物的数量。现在已知像硼这样的痕量元素对于动物营养是很重要的，这就使人们对限制因子的作用方式有了新的认识，即生态系统中一个很不起眼的成分也会成为一种限制因子的。人类可以通过诸如施放化肥之类的活动缓解某种限制因子；人类活动也会带来一些更严重的限制因子，例如向海岸带水体中排放未经处理的废物，这会减少其中植物所能得到的光照从而限制了光合生产力，还带来其他一些限制，例如降低其旅游价值。

2. 人类对生态系统中物质能量流的干预

按生态学术语说来，人类对生物资源的利用就是在一定的空间范围内取走生态系统中富能量的物质，又把资源利用后的产物返还同一系统或其他系统。能量作为热能消散后就不可恢复，但其他产物对全球生态系统而言，事实上并未消失（宇航员在太空的排泄物例外）。

人类输入生态系统的物质和能量有多种形式，但现在大多数输入资源过程的能量都来自化石燃料，某些物质也来自矿物和岩石。整个生物资源的利用过程都伴随着人为的物质和能量投入。

人在地球表面的迁移能力有赖于掌握一定的能源，而这方面技术的发展又意味着把植物和动物物种从其自然生境转移到其他地方。很多物种到了新的生境就不能生存；但某些物种在新的生境反而大量繁殖，兔子在澳大利亚引入和大量繁殖就是广为人知的一例。当某些生境未被本土动物占据，或当外来物种战胜本土物种时，引进的物种就可能成功的繁殖；这也可能是由于它们避开了天敌，并且在新生境上无任何新天敌。高度人为干扰的生态系统，如城市、垃圾堆放地和农作物地，常常为引进新物种（如老鼠）提供生境。

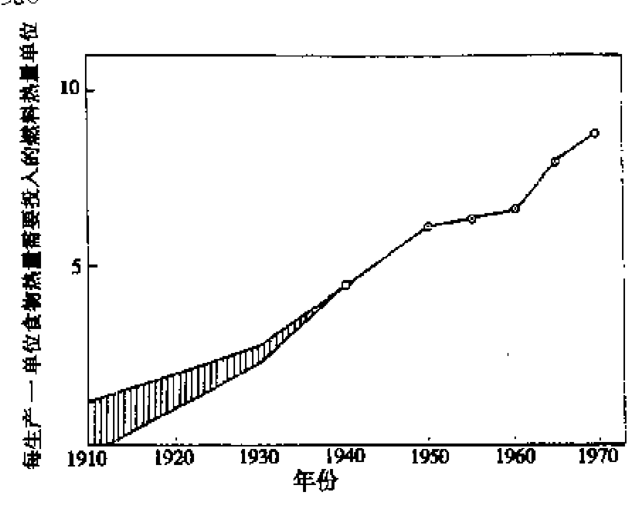


图 7-2 从农场到消费者的食物系统中的能量补偿
（1910—1937 年的数值尚不确切，故只表示其可能的范围）

在作物生产过程中，作物的竞争者被人为地除掉，以便把本来要被它们消耗掉的物质和能量让给选定的作物。这些竞争者被称为“杂草”或“害虫”、“害兽”，而在天然生态系统中是无所谓“杂草”、“害虫”的，所以这些都是文化上的概念。除掉竞争者也就使生态系统简单化，从而减少了系统中总的能量流。这种把食物链引导向人类聚集的过程可能会增加作物产量并使之更富营养，但系统中总的能量流并不一定比天然状态更多，损失的部分是靠化石燃料来补偿的（图 7-2）。

3. 生物多样性与人类活动

生物多样性包括基因多样性、物种多样性和生态系统多样性三个尺度(参见第六章)。迄今的人类活动总趋势是减少生物多样性。

物种多样性是生态系统较易测度的特征，常表达为物种的数量比或物种所占的面积比。此类比率在生态系统演变的早期和中期呈增长趋势，但一旦达到稳定状态或顶极状态就不再增加甚至略有减少。多样性表明生态系统的复杂程度，也表明系统中能量流的强度以及能量转换的效率，即越是多样，能量流越强，其转换效率越高。生态系统中的物种越多样，某物种的食物来源也越多样，其捕食者也同样越多样，构成的食物网络越复杂，于是任何意外的扰动将被衰减。因此就提出了一个假设：生态系统的稳定性是其多样性的函数。看来这个观点对一般情况是完全符合的。

人类常常通过对生物演替过程的干预而影响生物多样性。生物演替过程意味着建立多样性，但人类活动常常打断甚至逆转这一过程而将生态系统保持在某种早期阶段。例如，过度垦殖就引起生态系统退化到演替的早期阶段，并极易造成土壤侵蚀；半干旱草原的过度放牧使荒漠地区扩大；森林的过度砍伐使其倒退为灌丛和草地。此类逆向演替是不稳定的；或将顺向演替(在一定的自然条件下并制止人为破坏)，或将进一步逆向演替(若进一步人为干预)。人类对这种不稳定性的反映常常是再增加物质能量投入，这使人类干预呈螺旋形上升；为了维持某一阶段的暂时稳定，就必须投入一定物质能量；为取得下一阶段的均衡，则要投入更多的物质能量。

生态系统单一化的另一个后果是某些生物的灭绝。由于长期的生物捕杀、采伐以及生境破坏，很多动、植物物种已在地方范围和区域范围乃至全球范围内被消灭，这种基因(遗传)资源损失的后果很可能是灾难性的。

某营养级上的稳定性随其竞争物种的变化而变化，某营养级的多样性随高一级稳定性的变化而变化。所以在某些系统中，一个关键成分可决定整个系统的稳定性。人类活动常常会减少某一营养级的竞争物种，或改变较高一级的稳定性，从而对生态系统的物种多样性和稳定性造成显著影响。

在人为生态系统(例如农田生态系统和排污系统)中，除原有生态系统的生物多样性和稳定性都已改变外，往往还要取走大量资源或注入大量废物，系统稳定性取决于系统受到干扰后恢复到初始状态的能力，或在某种持久应力下维持新稳定水平的能力，人类活动显然会加强或减弱这些能力。

4. 生态系统稳定性与人类活动

生态系统的稳定性除受生物多样性的影响外，还有一种复杂的稳定机制，用控制论术语就称为负反馈环，它趋向于维持系统的稳定状态。在有机体的生长繁殖、死亡和迁移，及其所涉及的非生物成分过程中，都有许多反馈环，它们控制系统中物质能量运动的数量和速率。

系统的不稳定性是无序的结果，按照热力学中的熵概念来作解释就是：无序程度增加的系统其熵增加，趋于有序的系统其负熵增加。由此看来，生命本身就是一种巨大的负熵并在不断积累负熵。如果能够测量系统中熵或其等价物的变化速率，那么就可以用此类

参数来衡量系统的"健康"状态,这对于控制资源过程显然是很有用的。人在资源过程中的主要活动看来是不断破坏生态系统的稳态机制和增加不稳定性,有时竟使生态系统达到彻底崩溃的地步,例如草坡过牧,开始时迅速降低植物生产力(因而减少动物产量),然后又导致土壤侵蚀。在此类资源过程中,如能及时掌握生态系统的"健康"状态,显然有利于控制其破坏,并找到恢复生态平衡的措施。

生态系统受人类改变后恢复能力的分析和预测是一个新课题,这显然是一个实践意义和学术意义都十分重大的领域。

二、人对资源系统的控制

我们希望了解多种人工生态系统的性质和特点,例如它们的第一性生产力和第二性生产力,它们对人类日益增长的需求和索取的反应,以及它们被人类干预的性质和过程。但目前我们的认识水平尚未足以使我们获得有关的完备数据,虽然"国际生物学计划"一类的研究也产生了很多有关生态系统生产力的知识,但迄今还只能限于对人的作用作一般的说明。

人类干预生态系统过程的后果就是把天然生态系统转换为能为人类利用的自然资源,这种转换的表现常常可以从资源利用方式上看出来。因此可以按照资源利用类型来分析人类的控制作用。

在过去的某一历史阶段,所有生态系统都无人类参与而保持原始状态。但现在这样的地方已是凤毛麟角了,大多数陆地表面都不同程度地受到人类活动的干扰。我们可以根据人类干预程度的强弱排列出一种资源利用序列,在这个序列的一端是人类尚未触及的生态系统,或人类有意尽可能保留其天然状态的生态系统,如极地、高山和外海以及自然保护区;另一端则是人类的建设使其自然性质完全改变的生态系统,如城市。

除了完全无人迹的土地外,某些天然风景区和自然保护区代表着受人类干扰最少的状态。人类利用和经营此类地区的目标一般是尽可能小地扰动其自然现状,甚至使其回复到更原始的状态,这种目标甚至可能会引导到过分的地步,例如会使人们去制止一些天然演替过程(如林火),而这些过程在天然状态下的偶尔发生对于保护某些特殊生物或景观是有积极作用的。此类生态系统的限制因子常常是某些有意保护的生物的数量,或者是参观旅游者的数量,它们如果数量过多就会损害景观的质量。因此人类控制此类生态系统的方式之一是控制某些已超过承载能力的动物种群数量;或保护濒临灭绝物种。

水资源的汇聚需要较多的人类控制。在开发程度较低的地区,这种活动常常能与原有的土地利用很好结合。除了由于建坝而使一些陆地为水体取代造成大的景观变化外,流域范围内并无什么变化。而关于森林对于产水的作用是有利(由于稳定释放)还是有害(由于蒸腾使系统内相当一部分水分返回大气圈),目前尚无完全一致的意见。水资源一旦被储存,其利用就完全受人类控制了。例如用于灌溉和导向城市、工业供水。然而现存水体越大,受人类控制的影响越小。

畜牧业和林业是历史悠久的土地利用方式,它们受人类控制的程度是逐渐加强的,但都保持着天然再生过程。传统林业基本上只是砍伐,森林的再生主要依靠自然再生能力。现代发达的林业更像种植业,人类控制森林的营养投入,精心地剪枝扶壮,慷慨地使用杀

虫剂，有控制地择伐等等。因此林业中人类控制的程度很不一样，从很少人工控制到完全人工控制都有。总的看来，现代林业的人工控制比放牧业多但比种植业少。按生态学观点看来，林业意味着取走当地生态系统中的物质能量，意味着优势群落的消失。

农业受人类控制的程度很高，可分三种基本类型。第一种是游动农业(shifting agriculture)，即土地耕作一段时间后又弃耕，以使其返还原来状态，恢复地力。可是当人口达到一定水平，需要在地力恢复以前就再次播种时，此类农业的收成必然递减，并引起土壤侵蚀和土地退化。第二种是传统农业，“采菊东篱下，悠然见南山”描述了这种农业的情景，它是靠人力(和畜力)，并大量返还有机物或从周围生态系统中取得有机物(有机肥)以维持其产量和稳定性的农业。同样，若人口过多，此类生态系统也易退化。第三种是现代农业(或称石油农业)，呈工业化趋势，靠大量的矿物燃料投入维持其高生产力，这些物质能量都取自系统之外，系统内的有机物也多被取走而很少返还。

受人类控制程度最高的是城市生态系统，它更是靠从系统外输入物质能量来维持的，它本身又对其他生态系统发生影响，如水、气污染，城市热岛效应等等。

第三节　人类对自然资源的适应

一、人类的适应行为

1. 关于适应的进化论生态学观点

“适应”这个概念最初是达尔文提出来的，他在《物种起源》一书中阐述了“自然选择，适者生存”的原理。由于环境的限制，每一物种都是在长期演变过程中淘汰掉不适应生存条件的个体，保留并增加适应性更好的成员，在这个过程中，物种在总体上进化了。这种增强物种生存和繁衍的可能性的过程就是适应。后来孟德尔又从遗传学上加以补充，解释了适应的继承性。

进化论和遗传学所讨论的“遗传适应”要经很长的演化时期才能形成，而且代价是极其高昂的。它使物种形成特殊的生活方式，却不保证这种生活方式已适应了的环境不发生变化。因此，一旦环境变化，这种适应又成了“不适应”。实际上物种(尤其是动物)对当前环境也有一些适应机制，不妨称之为生态适应，可归纳为生理适应和行为适应两大类。

生理适应是个体作出的体质反应，是一种低代价的生理变化，这种变化本身并不遗传给后代，虽然它的最终基础(机制)还是遗传和继承。生理适应是一种本能，是人类没有想过却不断在做的重要事情。如热时出汗，冷时发抖。生理适应来得快也消失得快，比遗传适应更有用和更“便宜”。只要有机体能够通过短期的生理适应去对付环境的挑战，就不必进行长期的遗传演变。

最有效的适应是行为适应，这是人类适应环境最重要的形式。这就是发展新的行为来适应环境及其变化，而且新行为通过学习一代一代传下去。正是人类具有这种学习而不断积累和发展行为适应的能力，而有了文化。所以人类对环境的适应主要是文化适应，其中技术的作用很重要。我们已在第三章中看到了技术进步与自然资源开发利用的关系。本章则要介绍进化论生态学关于人类群体如何适应资源问题的研究。

生态学研究生物体与环境的关系。这一定义暗示着它与进化论有某种联系；进化过

程的一个关键因素是生态因素。因此,进化论与生态学是有联系的,二者实际上都把焦点集中于同一个现象——适应。进化研究侧重于长期演化过程,生态学则注重于现在。把二者结合起来,就是进化论生态学,它把生物体置于它们的总体环境中来研究,以发现它们是如何适应的,它们形成的特征和求生的手段是如何帮助他们在那种环境中生存下来的。

2. 人类行为的生态系统分析

人类也是生物,也必须适应环境;而且人类是地球上适应环境最成功的物种,研究者对弄清什么使人类能够为自己划出如此巨大的生存余地更有兴趣。因此进化-生态的透视方法在研究人类方面尤其重要。进化论-生态学着意研究人类行为与特定环境下生存挑战之间的关系,人类行为就是一种适应机制。这一理论主要探讨三个问题:

① 特定人类群体在其特定生态系统中的地位如何?

② 这一群体的行为如何适应环境?

③ 这一群体适应过程中的行为多样性和变动性。

一个特定社会的文化实践活动,尤其是组织资源开发和分配的方式,或保持整个系统平衡的方法,都可以根据这个社会在生态系统中的地位来理解。例如,新几内亚的梆巴噶人盛行"祭杀生猪宴"有助于维持他们生存的生态系统,也是一种适应该生态系统的行为模式。梆巴噶人以种植薯类植物(甘薯、芋头)为生,这些食物主要含糖类物质,经常屠杀和食用生猪,弥补了所需的蛋白质。另一方面,屠杀使猪群减小到可以控制的程度,保护了园圃。这种表面上的宗教礼仪实际上调整了社会及其食物资源之间的关系,从而有助于维持生态系统的稳定性。人类学家已逐渐把人类的习俗看作是对资源和环境的适应。人类对资源和环境的适应不是固定的而是动态的。不同的人类社会由于他们与环境的特殊关系而发展出不同的生活方式。

上述梆巴噶人的实例也表明人类与资源的关系上一个核心问题是特定社会如何获得基本生存资料——食物,人类学称之为获食模式,是适应某种环境而产生的生活方式。

3. 获食模式及其对资源的适应

人类社会主要有5种获食模式:狩猎-采集,粗耕农业(生计农业),畜牧业,精耕农业,工业化。多数社会并不绝对奉行一种获食模式,而是采取混合的获食方式。各种获食模式对资源的适应包括三个方面:

(1) 对资源可得性的适应

每一种环境对于所供养的生命都有一定的极限,即一定的承载能力。种群适合于或低于承载能力才能稳定。当然,随着环境的变化,承载能力也是可以变化的。每一种获食模式都有一定的机制来控制人口,或者在人口增加的时候提高承载能力,使人口数量适应资源承载能力。这可以看成是对资源数量的适应。

一定环境的承载能力不仅受可得资源数量的影响,而且还受制于可得资源的质量。为了避免营养不良,人类群体有各种适应办法,或者作出某些生理调整,或者通过调节饮食和加工食物来解决某种营养成分不足的问题。例如,因纽特人有食生肉的习俗,其实是一种为了弥补维生素摄入量的不足的适应机制。以玉米为主食的地区,往往在食用前

将玉米与碱混合加工，以避免由于缺少几种关键的氨基酸和一种维B染色体——烟碱酸——而导致的营养不良。若无这种行为适应，社会就不能依靠玉米为主食。

影响资源承载能力的另一个因素是人群对资源的观念，也就是什么植物和动物可以食用这样一个简单问题。不同文化对食物资源的理解可以大异其趣，一种文化认为不适于食用的动、植物，在其他文化中可能是主要食物来源甚至是美味佳肴；被一种文化认可的资源可能被另外的文化视为毫无价值；一些普通人很少利用的稀奇古怪的资源，可能是长期维持某个社会的关键所在。此外，一个地区资源的承载能力还依赖于社会的组织、社会的投入和群体之间的关系。

(2) 对资源变动的适应

人类群体不仅要适应可得资源的数量和质量，还要适应资源供给的变动。尤其在气候条件年际变化较大的地区，食物资源的可得量常常起伏不定。这些地区人们适应资源变动的方法是：广泛依赖各种资源，并实行高度流动的生活方式。

北美大盆地(今犹他州部分)的肖肖尼人提供了一个适应资源变动的好例子。由于该地区降雨变化无常，动、植物食品的产量波动极大。肖肖尼人适应这种资源供给不定性的方式就是：按可得资源的种类和数量变换住地和居住方式。一年中的大多数时间，少数人家结伴云游四方，采集植物根系和种子，捕猎小动物。当偶尔出现兔子或羚羊异常丰富的时候，许多人家可能暂时聚合在一起集体狩猎。当离群索居的人家知道某种资源在某地出产丰富时，会按时前去收获，采集过后又分道扬镳。

在畜牧业和农业的获食模式中，食物资源的供给要稳定得多。但同样也受季节和年际波动的影响，同样也必须适应这种波动。而且由于人口更加集中，食物短缺的后果可能比狩猎-采集者更加严重。因此传统畜牧业基本上都采取游牧的方式。在农牧交错带，农业收成因降雨量变化而极不稳定，农民采取在多雨季节向牧区扩展，少雨季节向农区退缩的方式来适应这种可得资源的变动。我国西北很多地区称这种耕作方式为“撞田”。

在现代社会，消费者不会直接面临短期的资源变动，因为有高效的运输系统传递广阔地区的资源。这种稳定的资源供给依赖的是先进的技术，储存和运输技术弥补了食物的局部短缺，技术还把资源供给的波动减小到最低程度，尽管为此要付出昂贵的代价。现代社会对资源可得性波动的适应方式比传统社会复杂得多，但实质却是别无二致——尽量减小食物生产的不确定性，这是困扰一切人类群体的问题。现代社会的适应手段未见得比简单社会高明，旨在稳定和增加食物产量的反应可能导致适得其反的效果，即可能给获食系统的稳定造成新的、更为严重的威胁。例如，为了减少干旱和降雨变率大的影响，社会可能增加对灌溉的依赖，而灌溉却加重了土壤的盐渍化，以至于使农作物无法生长。一个群体对资源适应的成功，不是依靠如何操纵其生态系统，而是依赖于维持这一系统的程度。

(3) 对其他群体的适应

正如社会必须适应地区资源的变化一样，每一个社会也必须适应毗邻的民族及其活动。人类大量地与其他人群交流，也卷入了争夺资源的相互竞争。

不同的群体在同一区域占据不同的环境时，他们可能相互依赖，进行资源交换或贸易，使每一个群体均得益于另一个群体的资源。例如，农牧交错带的牧民和农民往往建立广泛的贸易联系，农民用粮食、蔬菜、瓜果等与牧民交换肉、奶、皮毛。

同一环境中不同群体之间火药味十足的竞争也相当普遍。毗邻的部落为争夺土地而不断争战。一个群体可能被另一个更强大或技术更先进的群体驱逐或并吞,欧洲人移民美洲土著人的区域时就出现了这种情形。牧人的牧场干涸时,可能骤然开始与邻近的农民争夺可耕地。这样,一度的和平共处就被公开的敌对争夺取代。由此可见,对人类群体的适应就像对环境的适应一样,也是一个变化的、动态的过程。

4. 适应成败的衡量

适应是资源过程的一部分,一切生物为了避免灭绝都必须不断地适应他们的资源与环境。人类用如此繁多的方式适应千变万化的环境,成为一切生物中适应资源的行家里手。然而,并不是所有的适应方式都能够持续长久。无数的物种灭绝了,很多人类文明也消失了,因为他们选择错误的适应之途。为什么有的成功了,有的是失败了呢?

生态学家 L.B. 斯洛勃德金对这个问题提出了一个饶有趣味的答案。他把进化比喻为一种"生存的博弈",其目的并非是赢得大把钞票,而只是能继续玩下去。赢得的钞票代表着那一物种的总数量,总量大的物种自然有一定的优势,钱多的要比钱少的坚持的时间长。但是大量的钞票并不能保证不被淘汰出局,钱少的也不一定就会输得精光。既然生存博弈的宗旨仅仅是继续玩下去而不致被淘汰出局,那么增强物种应付可能出现的食物供给、环境变化、生存空间等挑战的能力和手段才是第一位的。最可能成功的物种并不一定是一时最完美地适应了其环境的物种,而是那种能用广泛多样的方式适应资源和环境的物种。也就是说,适应能力比适应状态更重要。

现代社会基本上是靠大量消耗化石能源来提高食物生产,以适应人口增长对食物资源的需求。这一选择并非尽善尽美,其代价是十分昂贵的,因为它带来了严重的环境问题,而且这种依赖不可更新资源的适应策略是不可长期持续的。可见,一个群体能否成功地适应其资源和环境,关键还要看它是否保持了其生态系统的平衡,是否采用的是代价最小的适应策略。

二、各种获食模式对自然资源的适应

1. 精耕农业前的适应

狩猎-采集的获食模式对自然资源的适应特征是资源环境决定生产-生活方式。粗耕农业本身就是一种适应,自此开始了资源的人为再生产。畜牧社会也是一种对资源的适应方式,畜牧业是在不适宜农业的资源条件下开发能量的相对有效途径。这三种获食模式都与其有限的资源保持了相当长时期的平衡,因为它们有某些共同的适应机制。

(1) 低能源消费

正如第三章所揭示的那样,早期人类社会的人均能源消费是很低的。但这并不是说那时人类的食物消费水平很低。例如,据人类学家实地调查,东南部非洲仍实行狩猎-采集生活方式的多比·昆人每人每天摄入热量 2 140cal,蛋白质 42.1g,这大致相当于现在的世界平均水平。而他们是每周仅用 2.5 天,每天仅用 6 小时就获得了这些食物资源。他们的生活质量并非现代人想像的那么低下。之所以能源消费很低,是因为他们直接从自然界获取食物,没有中间环节,能源利用率很高。相比之下,现代人的食物生产过程中间

环节太多，按照热力学第二定律，每一个环节上都有能量损耗，能源利用率很低，所需能源就很多。例如，生产一袋小麦所投入的能源就包括化肥、农药、耕耘土地、田间管理、收割、包装、运输等等所消耗的能量。

(2) 人口控制

早期人类社会都有一定的人口控制机制，例如杀婴和弃老，这就把人口增长水平控制在食物资源的承载能力之内。在这一点上多比·昆人特别有趣，因为他们的繁殖能力异常低下。多比·昆人妇女一般产后四年才会再次受孕，其中的原因仍是一个谜。多比·昆人并没有很长的产后禁忌，也没有人为的节育措施，多比·昆人妇女把她们的低生育力归咎于"上帝的吝啬，上帝喜欢孩子，把他们都留在他自己身边"。漫长的哺乳期或许是一个因素，因为她们没有细软食物让婴儿断奶。多比·昆人妇女哺乳婴儿至少三年，直到小孩能消化坚硬的食物。另外，一些人类学家认为某些多比·昆人妇女也许在与欧洲人和班图人的接触中染上了淋病，从而降低了生育能力。当然，婴儿夭折也是人口增长率低的原因之一。

(3) 高度变通灵活的社会组织

早期人类社会一般都分成小的群体，密切相关的一些家庭组成一定的群体，群体的大小和整个社会的规模都取决于自然资源的可得性。这些小群体往往流离转徙，他们为适应不同时间、不同地方的可得资源而季节性地举家迁徙。不同群体在一定的区域组成更大的群体，大群体的构成也异常灵活，随资源的波动起伏而收缩或膨胀。当资源稀疏时，大群体也星离雨散。当资源集中在某地区或发现丰富的水源时，许多群体又会聚居一处，共享资源。社会习俗在群体的灵活性方面也起了一定的作用。人们经常出访或接待亲属，脱离相处不和的群体，迁入资源充足、有了交情的群体。这样，群体就不断地重新组合。

(4) 自然崇拜

早期人类依赖自然的恩赐而生存，所以他们都非常崇拜自然。因此，大规模彻底破坏资源和环境的事很少发生，所奉行的生存策略导致了对生态系统的最小干预。

(5) 自给自足、互惠和平均主义

早期社会都是自给自足的。他们还共享食物和其他资源，因此很少出现一些人食物充足而另一些人忍饥挨饿的现象。工具、装饰品和其他物质财富也在无休止的送礼、受礼的循环中不断易手，财富的不平均就降低到最小程度，任何人也没有必要聚敛财富。这就使对资源的消耗维持在适当的水平。

2. 精耕农业对自然资源的适应

(1) 精耕农业特征

①单位土地上能量投入的增加：畜力、肥料、农机动力和人力的投入都大大增加；农田基本建设、灌溉设施和其他农业基础设施的建设更要消耗能源；精耕细作、轮作与套种等田间管理手段也都是耗能巨大的生产活动。在精耕农业中，土地资源被更大限度地使用，农民付出了更多的劳动，同时也使生产量大大地增加。

②单位土地上产量的提高：精耕农业的单位面积产量大概是粗耕农业的6倍甚至更多。这使食物生产能养活更多的人口，人口开始加快增长；同时也使一部分人可以不直接从事食物生产，从而发展了劳动分工。精耕农业的出现还伴随着城市、国家的出现，以及

由此而产生的许多社会变化，例如人口密度增加、贫富分化、贸易、等级森严的宗教组织的发展等。从某种程度上看，"文明"的出现应归功于精耕农业。

③基本上重新安排了生态系统：前几种适应方式只在很短时间里干预自然，然后让其自然恢复；而精耕农业则是持续不断地人为干预生态系统。例如，农田生态系统趋于单一化（前几种获食模式基本保持了生物的多样性）；灌溉改变了水文和气候系统；不断从外界输入物质能量又取走物质能量。这些行为提高了产量，修筑梯田、培肥土壤等活动也维持了土地利用的可持续性；但也导致了土壤盐碱化、外部资源消耗增加等环境问题。人们越是改变其生态环境，就越发需要更多的附加能源、更多的劳动和组织力量来维持生产。

（2）适应机制

①不断地投入：越是改变生态系统，就越是需要更多的投入维持其生产力的稳定，必须付出巨大努力来保持人工生态系统的平衡。解决老问题的同时，又产生新问题，如此螺旋式发展。精耕增加了风险，加重了失误的代价。

②高度有组织的社会：精耕农业社会大多是专制集权社会，这使得可以集中力量进行大规模的边际土地开发（例如屯垦戍边）、农田和水利基本建设（例如我国古代的都江堰）等活动，从而大大扩展了土地的承载能力。

③资源私有化：世袭领地、教会或皇家领地、私人领地作为世世代代承传的资源，其利用必须考虑可持续性，这就防止了对资源的过度开发利用。资源私有化还产生了一定的分配机制，农民的收获一般被用于三个部分：礼仪性支出、补偿性支出、地租和赋税。这三部分支出，尤其是租税，将农民与整个社会联系起来。

④一个庞大、自足、少进取、相对贫困的农民阶层：自给自足的自然经济使农民被终身束缚在土地上，很少有大规模聚敛财富的动机，这有利于保护自然资源。亲族关系在精耕农业中的作用至关重要，这有利于维系社会的稳定和平衡。不时爆发的战争和起义起到重新分配资源的作用。饥荒的不断发生也平衡了人口增长与资源承载能力的矛盾。"节俭"之儒家道德，"禁欲"之西方新教伦理，佛教之不杀生行为规范等等，这些伦理和道德规范对于维持自然资源和生态系统的平衡具有很大的作用。

⑤平均主义取向的资源分配：精耕农业的风险使得某农户总有欠收的时候，平均主义分配取向可以帮助渡过难关。农民起义的主要动机——均贫富，突出地表现出资源分配方面的平均主义取向。此外，表面上作为习俗的礼仪，实际上也是均衡资源的一种适应机制。人类生态学家对墨西哥南部奥萨卡山谷精耕农业的研究发现，通过两种社会习俗，即"共济"和"共庆"，达到了资源平均的目的。

"共济"是一种定时的同等产品交易与劳动服务交易，共济成为一种使社会均贫富的机制。"共庆"是奥萨卡山谷中主要的社会活动，是一个人自豪感和地位的标志。每个男人在其一生中至少应有一次赞助（或举办）这种节日，邀村里人共庆，共庆中有丰富的酒肉、礼乐、烟火等。每次共庆就需大量花费，用去其积储，但多不能单独承担其费用，那么解决的办法就是"共济"，以将来的盈余作抵押，四处借物筹款。这样，共庆花去这个人的盈余，也防止任何人积聚大量财富，同时为"共济"制度的存在提供了一个促动因素。这种持续的借入和借出把不稳定收成带来的风险分散到全村；同时也使过多的财富集聚对个人并无好处。这就使他们维持一种相对低水平的生产和生活，也意味着他们与其所处的资源条件保持着某种平衡关系，而没有过度利用。因此"共济"、"共庆"之类的平均主义分

配取向有着平衡功能和适应资源条件的作用。

后来墨西哥政府促使奥萨卡山谷实现现代化、商品化,打破了原来防止过度开发的机制,从而加速了资源开发和耗损,关键自然资源——地下水的开采越来越深,也越来越少,使该地越来越严重依赖政府和外部的支持。这种现代化是进步还是退步?某些人类学家提出了这样的质疑。

3. 工业社会对自然资源的适应研究

(1) 工业化特征

①急速扩张的人均资源消费:工业时代也就是"化石燃料时代";工业化的能源利用率是很低的,人均摄入热量所增无几,但人均能源消耗却成倍增加,大量能源消耗在非食物生产活动方面。故维持一定人口所需能量和资源比任何其他形态的社会多得多,环境影响的程度也前所未有。

②专业化生产:与其他社会相比,工业社会的专业化分工更细,每个人只是整个社会大机器中的一个"螺丝钉"。早期的乡村铁匠可以制造任何铁制品,从锄头、砍刀、马掌到车轮和风车;而今天自动装配线上的工人大概只知道拧紧一只螺栓。这归咎于工业化社会生产的复杂程度和规模。专业分工的发展使农业趋向商业化,更集中于单一作物,农业和农村社会在很大程度上摆脱了过去那种简单的家庭根系和亲族关系。

③社会组织更复杂:阶级、种族、劳动团体、工会、政治俱乐部和政党、国家机器,大大超过了以往的亲族关系,以此来分配资源和组织社会化生产。文化差异缩小,相互依赖增加,整个世界经济走向一体化,世界成为一个"地球村"。

④财富的集中,使对资源的掠夺更加贪婪:拥有土地和资本的人比仅有劳动力的人更富有;他们的消费导向使一般穷人也追求高消费。这样,资源利用从一种谋生手段变成一种获得财富的途径,不可避免地加剧了短期行为,造成对自然资源的掠夺性开发。

⑤人口变迁:工业时代最重要的变化之一是人口增长大大快于以前。1800 年以前,世界人口要经过 150 年才能翻一番。而现在,每 35 年世界人口就增加一倍。由此派生的一个后果是劳动力过剩,劳动价值下降;劳动力的贬值又造成高出生率。随着农业日益工业化,小农场主们不断破产,被迫离开他们的土地,大量农村人口涌入城市。人口还在国家内和国家之间流动以寻求新的资源和生存机会,这就是 19 世纪后期和 20 世纪初期促使欧洲人向美洲大规模移民的一个主要原因。

(2) 工业化过程中的适应研究

工业化毕竟还是近期的发展,工业社会的人类社会如何适应资源和环境还有待观察。文化人类学者研究工业社会的适应,主要关注以下两个问题。

①农村人口城市化:进入城市的农村人口建立起自己的社会,他们一般都生活在贫民窟里,但生活水平仍高于农村。虽然需求方面是城市化的,但仍保留着农村的社会关系,具有一定的适应性能。与此同时,城市中犯罪、吸毒等问题发展起来,社会更加不稳定。

②跨国公司的作用:随着经济系统的日益复杂,就需要更为集中的组织。多国公司的出现部分满足了这种需要——现代工业社会赖以生存和发展的基础,即能源和资源的全球性流通建立一种机制,以解决资源相对稀缺问题。当然,这是一个循环过程,多国公司的出现增强了各国间的依赖,这又反过来更进一步刺激了多国公司的发展。

多国公司在集中化程度和操纵能源、资源流动的权力方面都代表了工业化的极端表现形式，这种适应策略把其自然和社会的影响都扩展到全球范围。当然，向发展中国家输出工业化，有利于提高穷人的生活水平。但其负影响更引人注目，在自然方面，与地方群体不同，多国公司没有自然的选择压力迫使它们放弃破坏生态的行为，如果一个地区资源耗尽，它们可以随时转移到别的地方去。而且通过扩张和多样化经营，全球性企业使自己不仅不受市场压力的影响，而且也不受政府的制约。在社会方面，小社会的自给自足已不复存在，亲属与邻里间的信任与互惠已大大削弱，本土文化崩溃而又没有及时产生出维持社会和文化稳定的社会组织，这就是托夫勒所称的"未来的冲击"。

工业化来得太快，以至于可能超出我们的适应能力，尤其在保护自然资源方面。在人们能够补救资源环境所受到的损害以前，或者说在公司经理们意识到他们在毁灭自己的资源基础之前，多国公司可能已给全球生态系统造成了不可挽回的损失。

三、当代适应策略研究

当代资源和环境变化问题越来越严重，人类面临如何适应的严峻问题，于是其他学科（如地理学）也开始研究适应问题。当代适应策略的研究包括三个方面：①需要适应的资源性质和环境变化性质；②受资源环境变化干扰的人类社会系统自身特征，明确其影响适应策略的性质；③适应行为和策略，例如市场机制、科技进步、社会体制与政策、伦理等。本书后续部分将陆续从不同角度论述这些问题，这里只给出一个研究大纲。

1. 资源可得性与变化性质

①资源可得性：对资源数量、质量、承载能力和开发条件的综合评价与综合分析。

②资源与环境变化的大小或严重程度：尤其已超出系统吸收能力的大变化，对人类社会冲击越大，因而需要加快适应过程。

③频率：指一定大小的资源和环境变化发生的频度，它关系到变化影响的累积效应。变化越频繁，其间的恢复程度越小，因而对系统的危害越大，越需加快适应过程。

④延时：指一次变化持续的时间。变化延时越长，对人类社会影响越大，但也提供了更多的适应机会。

⑤突然性：某一变化发生的速度。越是突然的变化，越难适应，也难预测；反之则易适应，宜事先采取对策。

⑥区域范围：变化所影响的空间尺度不同，适应对策也不同。如对"绝对稀缺"和"相对稀缺"有不同对策。

2. 系统特征

①稳定性：指系统受干扰后回复平衡状态的能力，包括系统受干扰的大小和回复的速度，在一定变化下受干扰的程度越小，回复速度越快，系统越稳定。

②弹性：指对系统已受到的某种干扰的耐受程度。例如一个资源系统在环境条件变化中产量相对不变，这是指稳定性，而即使产量变了，对系统影响不大，这是指弹性。

③脆弱性：指环境变化对系统负作用的程度，显然与稳定性和弹性有关。系统越脆

弱,受资源环境变化的冲击越大,越需要采取适应对策。增强稳定性和弹性一般可减少脆弱性,但也可能产生深层的、潜在的脆弱性和损失。

④灵活性:指系统中已存在的机制或行为的机动性。系统越灵活,越能适应环境和资源变化。例如生产单一作物的农场,比多种经营的农场更少灵活性,因为前者对技术、资本、资源和市场结构的依赖程度更严重,很难适应这些因素的变化。

⑤尺度:系统特征要从不同的时间和空间尺度上来界定。不同尺度的系统,环境资源变化产生的问题不同,适应对策也不同。还要注意不同尺度适应对策之间的关系,例如地区的适应(如砍树以弥补资源不足)会妨碍大尺度的适应(如保持水土和减少温室气体);短期的适应(如开垦边际土地以扩展承载能力)会影响长期的适应(土地的可持续利用)。

3. 适应策略

适应是一个系统在资源与环境变化下维持或改善其生存或活力的变动。适应策略从两个层次上研究这些变动:抽象特征和具体措施。

(1) 适应的抽象特征(或类型)

①战术性与战略性适应:例如农业,某一生长季改变化肥施用量是一种战术性适应,一般是短期的,对付较缓和的变化;而整个改变土地利用方式(从农到牧或林)则是战略性适应,一般是长期的,对付较严重的变化。

②目的性与偶然性适应:按主动程度来划分。大多数适应策略是有目的、有针对性、精心策划的;但有些适应策略却是附带的、偶然产生的。例如修运河以利交通,却产生了灌溉的效益。一般而言,系统尺度越小,越易采取有目的的适应策略。

③适应的时机:有事后采取行动、变化发生时立即采取行动、事前采取行动的不同时机。事前适应最为重要,所谓居安思危,有备无患。其中规划的作用至关重要;在尚不知作何对策时,科学研究和教育可以大大改善适应能力。

④适应的空间尺度:不同空间尺度的适应策略是有一定区别的。

⑤政府和社会的作用:有些适应是自发的,个人、公司、企业自己会采取相应措施;大多数适应策略需要政府和社会干预(自为的),例如基础设施、大型水利工程、建筑标准、立法、研究与教育。

⑥缓冲与变动:前者采取行动缓解变化以维持原有系统特征,后者干脆改变系统特征。例如维持某种土地利用和改变这种土地利用。

⑦技术适应与制度适应:例如对温度气体所引起的气候变化,可采取各种技术和工程措施;也可调整经济结构、制定限制排放公约等制度改革。

(2) 具体适应措施

专门研究农业、工业、沿海带、能源供应、林业、水资源、城市、土地利用等方面的具体适应措施。例如农业对资源环境变化的具体适应措施就包括:改变地形、引入人为系统(如灌溉)、改变农作方式、改变农事季节、引入新品种、农业政策、农业科技与教育等等。

第四节　人类利用自然资源的历史教训

人类在自然资源系统中的支配作用如此巨大,以至于人类曾认为可以支配自然界,可

以成为自然的主人。但是，现在人类已认识到，必须使自己的行为符合自然规律，否则会破坏自身赖以生存的自然环境和自然资源。一旦资源和环境变化，人类的文明也就随之衰弱了。这方面的历史教训是很多的。有人曾经用这样一句话来勾画历史的简要轮廓："文明人跨越过地球表面，足迹所过之处留下一片荒漠"。这种说法虽然有点夸张，但并不是凭空而言。人类已糟蹋了自身居住其上的大片土地，这正是人类的文明不断从一处移向另一处的主要原因，也是若干古代文明衰败的主要原因，这也是决定全部历史发展趋势的一个主导因素。

历史学家指出"历史上绝大多数战争和殖民运动的发起，是因为入侵者想占有更多的土地和自然资源。但他们却很少注意到，这些征服者或殖民者常常是在夺取邻国土地之前就已经破坏了他们自己的土地。一些现代史作者注意到现在强大富有的国家，好多都是有着丰富自然资源的国家，然而，他们很少注意到许多贫困弱小的国家也曾一度有过丰富的资源，很少注意到地球上好多贫困的民族之所以贫困，主要是因为他们的祖先滥用和浪费了现代人赖以生存的自然资源"。以下就是历史上几个资源基础破坏导致文明衰落的典型例子。

1. 苏美尔文明的衰落

公元前3500年，苏美尔人在两河（底格里斯河和幼发拉底河）流域的下游建立了城邦，这是世界上最早的文明发源地之一。苏美尔人也是世界上最早使用文字的社会，这个时间大约在公元前3000年。使用文字的同时，苏美尔人在幼发拉底河流域修建了大量的灌溉工程，这些工程不仅浇灌了土地，而且防止了洪水。巨大的灌溉网提高了土地的生产力，使成百万的人从田间解放出来，去从事工业、贸易或文化工作，他们创造了灿烂的古代文明——苏美尔文明。

但是两河流域，特别是下游，严酷的自然条件给文明的发展带来了严重的限制。首先是降雨量的稀少，年内分配也不均，在作物最需要水的8—10月正是枯季；其次是气温很高，夏季往往超过40℃，高温增大了土壤表面的蒸发，导致土壤的盐化；另外平坦的地形和低渗透性的土壤，在上游森林覆被的破坏而引发的洪水时期，加剧了土壤的涝化和盐化。土壤盐化的直接结果是土地生产力的下降，其表现是不耐盐的小麦（仅能容许土壤的含盐量<0.5%）为耐盐的大麦（能在含盐量1.0%的土壤中生长）所取代。在公元前3500年，整个苏美尔地区全部种植小麦。随着土地垦殖史的延续，土壤中的盐分越来越多。公元前2500年，苏美尔地区小麦占了谷类生产的15%；而到了公元前2100年，小麦仅占2%。小麦在这块土地上消失的时间是公元前1700年。

比小麦为大麦所取代的另一个更严重的问题是耕地的减少，盐碱化的泛滥和人口的增长是其直接原因。为此，苏美尔人每年都要花上大量的人力来开垦新的土地，但新垦土地的量毕竟有限。到公元前2400年，耕地的数量达到了最高，然后逐渐下降。在公元前2400—公元前2100年间，新垦土地中有42%的部分出现盐化；到公元前1700年，竟达到了65%。当时的文字记载是"earth turned white（土地变白了）"。

自然资源状况的恶化，使文明的"生命支持系统"濒于崩溃，并最终导致文明的衰落。在苏美尔地区，历次朝代更替，都没能恢复土地的生产力、改善环境和资源的恶化状况。苏美尔地区永远地沦为了一个人口稀少的穷乡僻壤。美索不达米亚文明的中心永远地北

移了。

2. 地中海地区的环境退化与古文明衰退

地中海文明包括环地中海地区的各个文明，主要的有黎巴嫩地区的腓尼基文明、古希腊文明和古罗马文明，以及北非和小亚细亚地区的文明。历史从这个地区找到了例证，很有说服力地证明了文明人是怎样毁坏了自己的生存环境。

腓尼基人的国土位于海边，由一条狭长的海滨平原和与之平行的一条狭长的丘陵地带组成。其自然条件非常优势，肥沃的土壤，充足的降水，郁郁葱葱的草被和森林，包括著名的黎巴嫩雪松。有利的地形阻止了好战的内陆部落的入侵，给腓尼基人提供了可靠的保护，同时也阻碍了腓尼基人的陆上发展，因此向地中海发展而成为航海家和商人就是一种必然。腓尼基人很早就发现了遍布在其国土上的木材是一种畅销商品，对于埃及及两河流域等大平原上的文明人来说更是弥足珍贵。于是随着木材交易的盛行，林地迅速减少。公元前8世纪—前6世纪，腓尼基人渡过了他们的黄金时期，但是这种繁荣有着明显的局限性，因为它依靠的是海上权力庇护下的木材交易。当希腊的舰队在公元前480年成为海上霸主时，腓尼基文明就开始衰落了。

而在希腊，第一次大规模的破坏发生于公元前680年，原因是人口的增长和聚居区的扩大，造成了耕地的减少和土地生产力的下降，于是希腊人开始其殖民政策，以求缓解本土上的人口压力。尽管希腊人从其亲身的教训中痛切地认识到保护土壤的重要性，肥料的使用可保持土地的肥力和土壤的结构，台地可防止水土流失，等等；尽管从公元前590年开始，历代统治者为了恢复土地的生产力，号召人们种植橄榄树及修筑台地，并采取了一系列保护环境及鼓励生产的措施，但是人口增长的压力实在太大，以至谁也没能阻止希腊文明在公元前339年的伯罗奔尼撒战争之后衰落。

几个世纪以后，古罗马也出现了同样的问题。人口的增长引起植被的消失，水土的流失和洪水的泛滥，这一切使肥沃的表土被带进河流，并在河口处沉积下来。环境的恶化使强大的古罗马文明遭到毁灭性的打击，繁荣的都市一个接一个地消失于沼泽和荒漠中。古代罗马主要港口之一的佩斯图姆港在公元前1世纪被沉积物完全淤塞，整个城市变成一望无际的沼泽，疟疾的流行使该城直到公元9世纪荒芜一人。庞廷沼泽出现于公元200年左右，而400年以前在这块土地上曾出现了16个繁荣的市镇。

地中海地区各个国家的文明兴衰过程非常相似：起初，文明在大自然漫长年代中造就的肥沃土地上兴起，持续进步达几个世纪；当越来越多的土地变成了可耕地，或者当土地上原先的森林和草被遭到破坏的时候，侵蚀就开始剥离富于生产力的表土；接下来持续的种植和渗透淋溶，消耗了大量作物生长所需的矿物质营养。于是，生产开始下降，随之其所支持的文明也开始衰落。当然有些国家为延续自己的繁荣，通过征服以掠夺邻国的资源，但这种治标不治本的手段，并不能避免它的衰落而只能是延长了苟延残喘的时间。

3. 玛雅文明的消亡

中北美洲低地丛林的玛雅文明最早出现于公元前2500年。其后到公元前450年，人口一直在稳定地增长，聚居地的面积和建筑结构的复杂度也越来越大。这是一个高度文明的社会，其文明的成就反映在他们对宇宙的认识程度，城市、建筑的设计艺术和独特深

奥的玛雅文字方面。这样一个伟大的文明后来却突然地消失了。第一个鼎盛时期的玛雅文明大约在公元 900 年神秘地自行毁灭了;第二个鼎盛时期出现于两个世纪之后,在原地址以北 250km,也在 15、16 世纪前后突然消失了。

早期玛雅文明的基础,据人们估计是一种"swidden agriculture(砍伐和焚烧森林植被而形成的暂时农田)"系统:即每年 12 月一来年 3 月的旱季用石斧清除一片林地,在雨季来临之前用火烧,然后种植玉米和大豆,秋季收获。开垦的土地在使用几年之后,因肥力的下降和很难清除的杂草的侵入而被放弃。应该说,这种农业系统在热带地区非常适宜,而且生产力也很稳定。但是因为使用过的土地必须等到地力恢复,丛林再生以后才能再次使用,这段时间一般需要 20 年或者更长。所以,大片的土地只能维持一小部分人的生活。然而据考古学证据,可认为当时整个玛雅低地丛林中生活的人口最高可能接近 500 万,而今天这块土地却仅生活着几十万人。这样一个庞大的人口对其生存的土地来说,很明显不可能靠"swidden agriculture"系统来维持。那么这样一个高度文明的社会怎样解决其食物问题呢?

最近考古工作者发现,后期玛雅社会已经产生了集约化程度很高的农业系统。这种系统的特点主要体现在对土地的治理上:在坡地,清理丛林以后,土地被垒成了台地以防止水土流失;而在低湿地区采取了网格状的排水沟,不仅可排除洪水,而且利用沟中的淤泥来垒高地表。当时玛雅人主要的作物是玉米和大豆,也有棉花、可可之类。但是,热带雨林地区土壤的侵蚀非常严重,今天看来这些土地的 3/4 属于侵蚀高敏感地区,在这种地区,一旦森林覆被破坏,土壤也就随之流失了。而农业用地、木材以及燃料的需求,都使森林的消失不可避免;与之相关的是河流中泥沙的含量增高,造成低地和沟渠的淤塞,地下水面的抬升。另外,玛雅社会不饲养家畜,因而对土壤中有机肥的补给不足,环境及资源的恶化直接导致农业生产力的下降,威胁着玛雅文明的生存。公元 800 年,食品的生产开始下降,墓葬发掘显示出婴儿和妇女因营养不足而大量死亡。而对统治者和军队来说,食品的减少,就意味着对农民剥削的加剧和城市之间战争的频繁。在随后的几十年内,高死亡率导致人口锐减,城市逐渐变成了废墟,整个丛林只剩下少数的幸存者,历史上又一个高度的文明消失了。

4.丝绸之路沿线文明的衰亡

新疆塔里木盆地的塔克拉玛于沙漠南部,是我国历史上记载的发达地区之一。这里早在新石器时代就出现了灌溉农业,公元前 2 世纪张骞出使西域时,看到不少沙漠之中的城郭和农田。此后,西域广大地区一统于汉朝中央政府管辖之下,发展屯田、兴修水利。作为西域交通要道的丝绸之路南道所经楼兰、且末、精绝、渠勒、于田、莎车等地均有很发达的农业。到了唐代,农业更为发达,《大唐西域记》详细记载了焉耆、龟兹、莎车、于田等地的农业盛况。古楼兰王国以楼兰绿洲为立国根本,历经好几个世纪,曾经繁盛一时。然而在今天,古代的大片良田已沦为流沙,古城废墟历历在目,曾经浩瀚的罗布泊已经干涸。罗布泊西南的楼兰古城,现已成为一片荒凉的风蚀土丘、风蚀低地和沙丘环绕,古楼兰绿洲也全变成不毛之地;尼雅河下游三角洲上的精绝古国,如今在干涸的河流沿岸残存着枯死的胡杨林,而古城已被 3—5m 高的沙丘包围;丝绸之路上的碉堡和烽火台,现在已是深入沙漠之内 3—10km、依稀可见的遗迹;丝绸之路沿线的古文明已消失在荒漠之中。

丝绸之路沿线的环境变迁和古文明消失，固然与气候变干、降水量减少、冰川融水萎缩、河流断流、水系改道等自然因素的波动有关；但土地的过度开垦、水资源和生物资源的不合理利用、天然植被的破坏，以及盛唐以后民族争纷不断、战火摧残农业、灌溉兴废不常等人为因素也不可忽视。实际上，人为活动加剧了土地盐碱化和水资源的耗竭，没有人为因素，自然条件无从发生作用，人为因素是这里古文明消失的主导原因。

总之，人类文明发展的历史，是一个对资源和环境施压越来越大的历史。这种压力，不仅仅表现于对环境改造和资源破坏的强度随时间的延续而增大，也很明显地体现在影响范围的变化上。在古代，压力还只局限于地球的局部范围或各个孤立的地域上；而到了近代，这种压力随着人口的增长、资源的开发已遍及世界的各个角落，其影响甚至已出现于杳无人迹的"三极"和球外空间。

上面所讨论的几个文明结束的原因，在于破坏了他们赖以生存和发展的资源基础。任何一个文明社会存在的关键都在于一个持续的"生命支持系统"，而该系统又依赖于一定的自然环境及自然资源。苏美尔文明、地中海文明、玛雅文明和丝绸之路沿线文明的历史提出了今天人类社会所面临的问题，我们今天的社会比古代社会能更有力地控制资源的利用和面对环境的巨大压力吗？

历史学泰斗阿诺德·汤因比在 86 岁高龄溘然长逝时，留下了最后一部书稿，他为之取的书名是：《人类与大地母亲》。在这部从全球角度对世界历史进行全景式考察的巨著中，老人的最后一段话是："人类将会杀死大地母亲，抑或将使她得到拯救？如果滥用日益增长的技术力量，人类将置大地母亲于死地；如果克服了那导致自我毁灭的放肆贪婪，人类则能使她重返青春。人类的贪婪正在使伟大母亲的生命之果——包括人类在内的一切生命造物，付出代价。何去何从？这就是今天人类所面临的斯芬克斯之谜。"

第八章　自然资源开发利用的环境影响

第一节　采矿活动的环境影响

采矿活动可分为地下开采和露天开采，但无论哪一种均导致了构成自然环境和社会文化环境要素的变化，有些变化造成不良影响。目前，随着经济的不断发展，人们对各种矿产资源的需求越来越大，采矿活动也随之变得频繁，规模也不断增大；采矿对环境的影响如土地破坏、生态环境和自然景观的改变、人类健康和社区安全所面临的威胁等等也必然会加剧；采矿迹地生态重建所面临的任务也更加繁重。要从根本上搞好采矿迹地的生态重建，必须研究采矿活动产生的环境影响及其影响机制。

采矿活动的环境影响及其机制是非常复杂的，不仅取决于被开采矿物的种类、采矿方法、采掘机械的选用，还取决于矿山周围的自然地理特征、社会文化环境等。我们将按采矿对自然环境和社会文化环境各要素产生的影响及其机制进行讨论；但是我们应该清醒地认识到：环境是各要素相互联系、相互作用而构成的有机整体，采矿活动对其各要素的影响不是孤立地发生作用的，它在使此要素发生变化时，也直接或间接地使彼要素发生变化；因此，下面以要素为线索的论述只是为了方便和条理化，述及某一要素时不可避免会涉及其他要素。在生态重建中必须明确，各要素的健康发展或平衡均有赖于其他要素的均衡发展或平衡。

一、采矿活动对地形的影响

采矿活动对环境最直观的影响莫过于使矿区周围的地形发生变化。地下开采和露天开采对地形影响的程度和表现形式是不同的。

1. 地下开采的影响

地下开采常引起地层的变形、裂缝甚至塌陷，此外还有固体废物堆砌。把矿物从地下开采出来后形成的地下空间使矿区周围的应力分布发生了变化，一般说来，这种持续不断的应力变化发生在地下矿工作面周围；它导致地下采空区上方的岩层变形、运动乃至被破坏。当地下采空区面积越来越大时，应力变化超过了阀值，岩层就会产生塌陷，从而在采矿区上方形成塌陷区。塌陷区的形状取决于地下采空区的深度、高度，顶板的坚固程度，岩层的性质以及采矿方法等。如果下陷的地层接近地表，则塌陷区往往是对称的；如果下陷的角度很陡峭，则塌陷区就不大对称。塌陷区的面积通常取决于采矿活动造成的地层往下垂直坳陷的深度，小的可能仅几亩，而大的却可能达数百亩甚至更大。如至 1996 年底，在开滦矿务局古冶矿区就有大小不等的塌陷坑 53 个，总面积约 1 800 hm^2，平均每个

塌陷坑占地 27 hm^2。

下面以煤矿开采为例具体说明一下地表塌陷的形成。采煤引起的地表塌陷按其形态和破坏程度可分为两种类型：一类是浅层开采急倾斜煤层或厚煤层形成的漏斗状陷坑和台阶状断裂，这类塌陷坑常突然发生，其上方的种植物和建筑物均遭破坏，造成猝不及防的损害，但塌陷只在局部发生，虽危害剧烈但范围小；另一类塌陷是开采深部的急倾斜煤层，以及开采深厚比大于 20 倍、倾角小于 45°的煤层所发生的大范围平缓的下沉盆地，这类塌陷是在不知不觉的缓慢过程中形成的。一般说来地表塌陷的最大深度约为煤层开采厚度的 70%—80%，甚至可达 90%。通常由于地下留有各种不采的煤柱，它们对地层的支承作用使塌陷区出现凹凸不平的复杂形状，塌陷容积约为煤层采出体积的 60%—70%，塌陷面积约为煤层开采面积的 1.2 倍。

从全国范围来看，由于矿区所处的地理位置不同，地形地貌、区域气候、地下水位的高低等条件的迥异，采矿造成的塌陷对地形的影响也不尽相同，一般可分为以下三种类型：

(1) 塌陷影响小：矿区内地形地貌无明显变化，仅局部有漏斗状塌陷坑；坑内也很少积水，对矿区周围的自然社会环境影响不大。这种情况在我国东北、西北和华北的丘陵地区较为常见，生态重建也较易实现。

(2) 塌陷影响较大：对矿区的地形地貌、水文等有较大影响，塌陷后可形成局部季节性积水，常年积水的面积不大。我国黄河以北的平原地区多出现此类情况。

(3) 塌陷影响大：基本改变了矿区的地形地貌条件，对水循环有巨大影响，地表塌陷后有很大部分变为常年积水区，塌陷较浅部分造成耕地盐碱化，良田变为沼泽。此类情况在黄淮海平原中、东部以及长江中下游平原较为常见。

裂缝往往伴随着塌陷出现，但它也可单独出现。当应力变化扩展到岩层以外的地区时，在地下采空区上方就会形成许多裂缝。这些岩层中的裂缝垂直扩散的距离可以是开采厚度的百倍之多。通常，在致密的细粒嵌布的岩面内，发生剧烈破裂的垂直区估计是被开采地区厚度的 20—30 倍。

地表塌陷最直接、最明显的影响是使塌陷区上的建筑物(包括房屋、管道、铁路、公路、桥梁等)变形乃至破坏，尤其是塌陷区下沉不均匀时对建筑物危害尤大，建筑物的变形直接危及了人类安全和生产建设。当塌陷深度超过地下水位时，塌陷区被地下水浸满，陆地变为沼泽、湖泊，原有的陆生植物被水生植物取代；陆生农业生态系统也变为水生农业生态系统或水-陆生农业复合生态系统，随之改变了当地的生产劳作习惯。这种沼泽地或湖泊含有较多的矿物质，并且这些矿物质还有可能进入附近的河流及其它水体，从而增大它们的影响范围，进而对这些水体内及其周围的植物和土壤产生影响。在靠近塌陷区的边缘部分，平坦的耕地一般要产生小于 5°的坡地，形成所谓"坡子地"，影响农业生产。大面积塌陷区积水还可能对周围小气候产生一定的影响，因为它们的蒸发和热容作用使空气湿度增加、气温变化幅度减缓。在裂缝较多的地区，水体常常会逐渐干涸，地表水、浅层地下水会沿着裂缝渗入到更深层地下，从而导致该地区生产和生活用水的困难以及植物水分匮缺。另外，与矿床伴生的一些有毒、有害气体会沿着裂缝逸出地表，也会对该地区的人类健康、动植物生长以及土壤性状产生不良影响，例如，从煤矿逸出的沼气可改变土壤的结构并导致动植物死亡。

地下采矿不可避免地产生大量固体废物，这些固体废物大多数是堆放于地表，从而形

成矸石山。矸石山的影响在下文一并详述。

2. 露天开采的影响

露天开采是将矿体的上覆地层和表土剥离后直接采掘矿石。剥离方式有等高剥离和区域剥离两种,一般都会大规模地挖损土地;剥离后的土体或岩石还需要堆放,又占压了大量土地;因此,露天开采造成双重的土地破坏。据煤矿部统计,1949 年以来,全国露天煤矿共产煤 8×10^8 t,挖损土地近 8 700 hm^2;1993 年全国露天煤矿产煤 3.1×10^7 t,挖损土地 333 hm^2,平均每开采 10 000t 原煤约要挖损土地 0.1 hm^2。目前我国露天煤矿产量占全部统配煤矿原煤产量的 7%左右,渐入佳期的神木、府谷、准格尔、平朔等煤炭基地都是设计能力在 5×10^7 t 左右的大型露天煤矿,霍林河、伊敏河、元宝山等大型露天煤矿也正在开发,今后露天煤矿产量的比重和产量都将增大。预计到 2000 年全国露天煤矿产量将达 2×10^8 t,每年因此而挖损的土地将达 2 000 hm^2。

土地挖损形成岩石裸露的深坑,例如,抚顺露天煤矿已形成一个长 11 km,宽 2.5 km,深 288 m 的采场大坑,破坏土地 2 700 hm^2。有些挖损地常年或季节性积水。特别是干旱、半干旱地区的露天开采加剧沙漠化和水土流失,往往对脆弱生态系统造成不可逆转的破坏。

无论是露天开采还是地下开采,都有大量的剥离物和废弃物,此外还有坑口电厂排放的粉煤灰,它们的堆放严重占压土地。据煤炭部统计,仅煤矿和坑口电厂产生的各种固体废弃物迄今已达 7.4×10^9t 以上,占压土地 13 000—20 000 hm^2。我国露天采煤平均每万吨占地 0.11 hm^2,到 2000 年仅此一项又将占地 2 200 hm^2。井下采煤和洗煤废弃物,即煤矸石的不断堆积形成矸石山,占用大量土地。我国煤矿的矸石率约为 20%,年产矸石近 10×10^8 t,累积总量 2×10^9 t,已形成矸石山 1 100 余座,占压土地约 6 700 hm^2。再加上地方煤矿,全国矸石总量约为 3×10^9 t,占压土地约 10 000 hm^2。有的矸石山含有较多的碳、硫物质,这些物质氧化自燃后,释放出大量的二氧化碳、一氧化碳、硫氢化物和粉尘,从而造成大气污染;而有的矸石山含有铝、砷、铅、硫化铁等可溶性盐,被雨水淋滤后析出,并随着地表径流或地下径流进入附近水体,引起这些水体的污染。

二、采矿活动对土壤的影响

土壤对人类生存和发展具有非常重要的作用,只有具有一定厚度土壤的土地才能保持生产力的持续性。土壤是不能被其它物质替代的,它既是生物的产物,同时也是生物进化的必备条件,我们应该尽力保护土壤和它的生产力。

采矿活动对土壤的影响主要是引起土壤侵蚀。土壤侵蚀一般是指在风和水的作用下,土壤或岩石物质被磨损、剥蚀或溶解,并从地表脱离的一系列过程,它包括风化、溶解、侵蚀和搬运等。在自然状态下,纯粹由自然因素引起的地表侵蚀过程,速度非常缓慢,表现很不显著,并常和自然土壤形成过程处于相对平衡状态。但采矿活动,如大面积的剥离、清理地面,搬运土、石、矿渣堆积物等,都会加速和扩大自然因素作用所引起的土壤破坏和土体物质的移动、流失。

在造成土壤侵蚀的所有因子中,最常遇到的是分解和搬运土壤的水。在雨水的冲击

作用下，土壤微粒产生移动，这种情况在暴雨时尤为明显。雨水的分解作用是造成土壤侵蚀的重要原因，降水时，雨水降落的最高速度可达 7—9 m/s，从而雨水对地面可产生巨大的冲击力，据测定雨水的冲击力可使小于 0.5mm 的土粒离开原位被激溅到离地面 60cm 以上的高度，并可产生 1.2m 到 1.5m 的水平位移。在雨水的持续冲击下，就产生了上壤微粒的搬运。

根据降水强度、地表植被状况、土壤理化性质等因素的不同，土壤侵蚀可分为下列几种类型：

(1) 冲刷侵蚀：雨水冲击到土壤上引起土壤微粒的分散，松散的微粒可能会接着被地表径流搬运走。

(2) 片流侵蚀：理化性质相当一致的土壤层被表流冲走。

(3) 细流侵蚀：在雨水的冲击下产生无数仅几厘米深的小冲沟的侵蚀过程，主要发生在刚开耕不久的土壤上。

(4) 冲沟侵蚀：在较短时间内，水在狭沟内积蓄，并从这个狭窄的区域内移走相当深度的土壤，从 30cm 到 30m 不等，此即为冲沟侵蚀。

在不同的地区，土壤的侵蚀率是不同的。在一个废弃矿区，典型的土壤侵蚀率是约 950 t/km^2，这 100 倍于相同面积的森林地区的侵蚀率。在一个生产着的矿区土壤侵蚀率是约 19 000 t/km^2，2 000 倍于同面积的森林地区。细小微粒组成的疏松土壤由于侵蚀而受到的损失明显较质地粗或紧实的土壤要严重，而原始土壤表层因存在集合体要较有废弃物的土壤稳定性大。

土壤侵蚀的危害除使土地退化乃至荒漠化以外，还包括：占据水库库容；填充湖泊、池塘，堵塞水道；沉积在具生长力土壤上；破坏水生群落；产生的混浊物减损了水的再生性并且降低了可见度；供消费的水质降低；提高了水处理成本，破坏了水分配系统；携带其他污染物，如杀虫剂、除草剂、重金属等；充当了细菌与病毒的载体。

采矿活动对土壤的影响除了产生土壤侵蚀外，还能造成土壤污染、土壤酸化等。对某些重金属矿的开采可致使更多的重金属进入土壤，由于土壤的吸附、络合、沉淀和阻留等作用，绝大多数重金属都残留、累积在土壤中，这样就造成了土壤污染；一旦上壤中重金属的含量超过了土壤环境容量，就会对生长于其上的植物产生污染与危害，造成农作物产量的下降。土壤酸化是指人类活动所产生的酸性物质使土壤变酸的过程，一般硫化矿床的开采可使土壤环境酸化。土壤酸化的不良后果反映在许多方面，最重要的是随着 pH 值的降低，土壤对呈离子态的元素的吸附能力发生显著变化，如对钾、钙、镁等养分离子的吸附显著减少，导致这些养分随水流失。土壤酸化还对多价离子的元素活动性影响很大，它使某些金属离子的活动性增加，某些毒害性阳离子毒性增加。

在生态重建中，对矿区土壤的一个保护方法是在采掘之前分层剥离和保存，就近堆置，以备采掘后复垦时利用。这个过程本身就可能影响土壤的各种特性。在采集土壤时要使用许多大型机械，这样可能会压实土壤，造成土壤结构及微生物的损害；堆放土壤如果堆放过高且堆存期过长，上壤中的微生物将停止活动，土壤将发生板结，土壤的性质会迅速恶化，雨水淋溶后有机质含量将下降。这些影响均会使土壤的肥力降低，给以后的生态重建利用这些土壤带来困难。

三、采矿活动对水文的影响

水体几乎覆盖了地球表面的2/3,水对于我们这个星球具有非同寻常的意义,生命的存在有赖于清洁水体的水质和水量两个方面,我们应尽量保持水循环系统的自然状态,但采矿活动却不可避免地要对之产生影响。在水循环过程中,当水处于地表和地下时最易为人类利用,因此采矿活动对水文的影响也主要表现在对地表水和地下水的影响上。

水分通过蒸发、蒸腾作用进入大气形成水蒸气,水蒸气一旦符合某种条件如达到露点,就以各种形式降至地面,然后通过两条主要途径返回海洋:一条是地下径流,另一条是地表径流。水进入海洋后,循环又重新开始。在水循环过程中,当水处于地表和地下时最易为人类利用,因此采矿活动对水文的影响也主要表现在对地表水和地下水的影响上。

1. 采矿活动对地表水的影响

在采矿活动对地形的影响一部分中已经指出采矿活动会导致塌陷区、裂缝的出现,它们的出现可能会造成附近地表水体如河流、湖泊、沼泽的干涸,也可能会导致形成新的河流、湖泊、沼泽,但无论哪一种情况均对矿区附近的水文状况产生了干扰,而且干扰的面积通常大于塌陷区的面积。如河南永城煤矿矿区塌陷影响的水文状况面积为 $572km^2$,几乎是塌陷区面积 $296km^2$ 的两倍。采矿活动通过改变矿区附近的水循环又间接影响了该地的其他地理要素。

在采矿过程中,许多技术和工作都要求用到大量的水;另外大气降水、地表水体、地形水等也可通过岩石的孔隙、裂缝、细钻孔、断层破碎带等进入矿井。为了保证井下人员的安全和生产的顺利进行,对上述各种水都要采取各种措施将之排至地表。

河流是地表水的主要部分,它在缓慢地改造着地表景观。侵蚀和堆积是其改造的主要手段,在自然状态下二者处于一种动态平衡中,而采矿活动却会打破这种平衡。从矿井中排出的水注入河流,增加了河流的流量,增强了侵蚀的力量,从而加深和拓宽了河床。为了达到新的平衡就要增加堆积这一边的砝码,干流的河床变宽变深使得支流的侵蚀基准面降低,支流侵蚀加剧;侵蚀下来的物质被搬运到干流堆积下来,这样堆积就逐渐与侵蚀又达到了动态平衡,但此时的河流与采矿前的河流已截然不同了。

从矿井中排出的水所含的悬浮物、矿物成分、溶解氧、有毒物质和它的 pH 值、颜色等因所采矿物、所处地理位置的不同而不同,但均要对矿区附近的水体水质产生或多或少的影响。从矿井排出的未经净化或不完全净化的水会造成河流、湖泊、沼泽的污染,污染范围取决于被其他水稀释的程度。当河流为主要污水接收体时,河水的增涨可使污水得到迅速的冲稀。接收污水的水体其中的水生生物不可避免地要受到污水的影响,天然河流中污水占 15%—35% 就会引起各种水生生物群落生物质量的降低,对高等营养性生物的破坏作用更大,特别对食肉鱼类可造成它们的全部死亡。值得指出的是大多数矿区的排水都呈酸性,生态重建对这方面应多加注意。

2. 采矿活动对地下水的影响

地表水一旦经渗透进入地下就成为地下水,具有渗透传导性岩体的地区称为蓄水层。

蓄水层的土质通常具很好的渗透性。水主要在两种力的作用下进入或穿过蓄水层：毛细管力和重力。毛细管力是由于表面张力使水具有吸附于微粒表面的趋势，因此，水在表面运动并逐渐使微粒饱和，这种运动可向上，也可向下。地下水位是蓄水层中饱和带的上界面。

砂岩是一种作为蓄水层的主要地质岩体，露天的矿床也可成为一个蓄水层。采矿掘走矿石后可能会切断蓄水层，切断蓄水层会导致出现一些值得注意的不利影响。首要的影响是破坏了地下水的自然状态及其在矿井工作面周围的分布，形成水位下降漏斗区。漏斗区的大小与矿区地质条件及矿区工作面范围有关，当矿层处于渗水的砂砾岩层中时，单个矿井及水平走向的露天矿可排出半径为数公里之内的地下水；而如果矿区附近的岩石多孔疏松时，漏斗区半径可大至20—30 km。许多小的漏斗区可连成一片，形成一个大的漏斗区，产生更大的影响。漏斗区的形成使矿区附近的河流、湖泊、沼泽不再是较低含水层的水平水源，并且这些河流、湖泊及沼泽还有可能干涸；如果矿区附近有永久性的冻土层存在，漏斗区的形成也会破坏它。漏斗区形成意味着地下水位的降低，地表上层的土壤及岩石中的水分也会随之降低，从而影响植物的生长。如果地下水位降低很多引起深层岩石的干涸，那么还会造成岩层的变形进而导致地表的弯曲变形。其次，由于采矿不可避免地要把油污、有机废物等带入地下，从而使蓄水层的水质恶化。最后尤应关注的是对蓄水带补给区的影响。整个地下水系统依赖于水源的补充，如果补给区被破坏，蓄水层就会枯竭。地下水的补给区是水循环中的敏感部分，这些地区在生态重建中应给以足够的重视。

四、采矿活动对生物群落和生态系统的影响

生物世界是一个复杂且具高度多样性的生态系统，它有形态结构和营养结构，具有能量转换、物质循环和信息流动等功能，这些要素在正常情况下均处于一种微妙的动态平衡之中，生态系统藉此平衡得以发展、进化。生物群落在生态系统中居重要地位，绿色植物是生态系统的生产者，动物是生态系统的消费者，微生物是生态系统的分解者，可以说没有生物群落也就没有生态系统。采矿活动对生态系统的影响也集中体现在对生物群落的影响上。

生物群落具有一定的稳定性，同时也在不断地变化发展。演替就是群落动态中最重要的特征。一般说来，由生态系统内自身变化所引发的演替叫自发演替，而由生态系统外部力量所引发的演替过程叫异发演替。在异发演替中，植物和动物只不过是对发生变化的环境和地理因素作出反应而已。如果演替发生在裸地（此前从未被生物定居过的地点）上，该演替谓之原生演替；如果演替地点曾被其它生物定居，原有植被受到人类或自然力破坏后再次发生的演替叫次生演替，次生演替由于有前次群落留下的有机质、土壤层等有利条件，所以演替经历的时间较短。采矿活动对生物群落的一个主要影响就是使之发生次生异发演替。

如果采矿活动破坏了矿区地表植被、土壤等，只留下岩石，最初生物群落似乎是从矿区衰落下去，逐渐地有植物（可能是地衣）开始在这儿定居（此植物谓之先锋植物），地衣分泌的酸性物质促进了岩石风化，它们和残骸及吹入此间的土壤微粒造成了苔藓能够进入的环境；然后多种多样的一年生小草本也出现了，紧接着是两年生的草本，最后是多年生

草本。随着草类的生长,小灌木也普遍出现;如果环境状况尤其是气候比较理想,乔木将是下一个定居者。最终形成一个适应于矿区生境和气候的群落(谓之顶级群落),此时群落结构最复杂、最稳定,只要不受外力干扰,它当保持原状。完成这个演替过程需要5到10个世纪。如果该矿区有土壤残留下来,演替时间会大大缩短;如果采矿后立即重新覆盖表土,时间会进一步缩减,这个过程的演替时间可能仅需不具表土地区的1/5;而播种演替系列高级阶段的植物可使演替时间更短。

在演替过程中可能发生各种干扰因素,如进一步的开采、矿区的塌陷形成湖泊等,这些均会使演替结果发生变化,如顶级群落由陆生生物群落变为水生生物群落。

采矿活动不仅干扰生物群落的环境而使生物群落发生演替等变化,而且它还可直接作用于生物上。采矿形成的各种污染物经由大气、水、土壤进入生物体内,导致生物死亡、病变等。如有的矿区排放的污水含有较多的生物营养元素,使水体富营养化,促进了藻类等浮游生物的大量繁殖,在水面形成密集的"水花"或"红潮",消耗了水中溶解氧,致使水质恶化,影响鱼类生存,最终可使水中生物绝迹。

五、采矿活动对人体健康和社区安全的影响

以下通过假设两种基本的危害——直接危害和间接危害——来论述采矿活动对人类健康和社区安全的影响。

1. 直接危害

这些危害大多作用于矿工或生活在矿区附近的人们。

(1) 某些采矿设施例如水库、废弃堆、尾坝的突然事故造成人员伤亡。如1986年4月30日安徽黄梅山铁矿尾矿坝突然塌陷,冲毁民房20多户,覆盖良田13hm^2,造成19人死亡,97人受伤;又如云南锡业公司火谷都尾矿坝于1962年被冲塌,有近200人死于此次事故,近半个县的农田被破坏。

(2) 由地下采矿造成的塌陷和裂缝也会危及人身安全。现在的主要问题是废弃矿井的稳定性或存在可能无法得知,这给该地的安全留下了隐患。

(3) 由爆破造成的伤害。爆破在矿山生产中占有重要地位,可以说采矿离不开爆破,但爆破也是一项危险性极大的工作,在其操作过程中稍有不慎,就可能发生事故。有统计表明在我国采矿生产中,每年都有几百人直接死于爆破事故。另一方面,因爆破不当引起的瓦斯爆炸更是时有发生。

(4) 运输和提升事故。就矿山开采而言,无论是地下开采还是露天开采,运输和提升都是生产过程中的重要环节之一,也是一个事故隐患所在。据统计在我国因煤矿运输和提升方面事故的死亡人数占全部因伤亡事故人数的20%,并随着采矿机械化程度的提高而有上升趋势。

(5) 采矿过程中爆破、采掘、运输等都可产生噪声,长期在噪声较强的环境中工作和生活会对人体产生两类不良的影响:一是听觉器官的损伤,二是对全身各系统特别是神经、心血管和内分泌系统的影响。噪声最直接的影响是造成听觉敏感性的下降,引起听觉疲劳,使听觉功能退化;如果长期无防护地在强烈噪声的环境中持续工作,听力损失会逐

渐加重甚至不能恢复,造成噪声性耳聋。爆破产生的极其强烈的噪声可造成听觉器官的急性损伤,也可导致耳聋。据研究,生活在矿区的人,老年出现耳聋的时间普遍要较其他低噪声地区的人早。噪声具有强烈的刺激性,如长期作用于中枢神经系统,可使大脑皮层的兴奋与抑制过程失调,结果引起条件反射混乱,脑电波发生变化,轻者头晕、失眠,重者可导致神经衰弱甚至神经错乱。噪声对交感神经有兴奋作用,可导致心动过速、心律紊乱、心肌受损等。此外,噪声还可引起植物神经系统功能紊乱,使血压波动增大;对肠胃道的消化功能、血液的组成成分以及视觉功能也有一定的影响。噪声对人们休息和睡眠的干扰也是不容忽视的,得不到充足的休息和睡眠,人的健康必然受到损害。

2. 间接危害

采矿活动对人类健康造成的间接影响主要是采矿排放的"三废"进入自然界后经过两条途径危害人类:一条为陆生生物食物链,即土壤→农作物→牲畜→人;另一条是水生生物食物链,即水→浮游生物→浮游动物→鱼→人。由此可见,只要大气、水、土壤受到污染,均可通过食物链逐级传递,最后影响到人体健康。下面具体介绍大气污染和水污染对人类健康的影响。

(1) 大气污染

采矿过程中要产生大量的矿渣和粉尘,排土场内的矸石山和尾矿坝也含有大量的矿渣和粉尘,这些粒度不一的微粒通过呼吸系统进入人体后,或沉淀于肺泡内,或被吸收到血液和淋巴液内,随后输送至全身各个部分,造成危害。"尘肺"是人们所熟知的一种职业病,它是长期吸入被粉尘污染的空气而引起的一种疾病。另外矿区内矿渣、粉尘飞扬,遮天蔽日,使日照量大为减少,紫外线的辐射也减弱,从而影响儿童的发育。

一些矿排放出诸如一氧化碳、硫化氢、二氧化硫等有毒气体,也会影响人体健康,造成各种疾病。

(2) 水污染

矿业固体废弃物对水的污染有两种方式:一种是废弃物风化后形成的较细碎屑或尾矿本身被流水冲刷和搬运到某些地段而造成的污染;另一种情况是废弃物和尾矿在风化过程中形成某些可溶于水的有害化合物或重金属离子,经地表水或地下水的搬运而造成的污染。

我国许多矿区水资源紧缺,只得将矿井排出的污水用于灌溉农田。污水灌溉农田同时兼有水、肥资源的再利用和廉价的污水土地处理两个方面的效益,但是由于污水灌田,给农业环境和城郊环境带来不同程度的污染,并且污染物通过上述的两条途径进入人体危害了人体的健康。据某灌区调查,污灌区 5 岁以下的婴儿急性腹泻发病率为 5.40%,学龄儿童蛔虫感染率为 81.21%,分别高于清灌区的 4%和 33.24%。

六、采矿活动对景观美学的影响

采矿活动造成的最明显的影响是对地表的干扰,即改变了地区地形、土壤、生物、水文以及建筑物等,使得人对它们的视觉印象受到影响,从而矿区附近的景观美学价值降低。采矿造成的可见严重视觉影响包括挖掘剥采土地、堆放固体废弃物堆、破坏生物和水景、

降低大气可见度、破坏名胜古迹等。

1. 对地形视觉的影响

采矿首先干扰了该地的视觉轮廓线，从而造成景观的总体变化。也许这儿本是一片开阔的草原，一派“天苍苍，野茫茫，风吹草低见牛羊”的天然美景，一旦人类于这儿开采矿石，必然兴建各种生产、生活设施，铺设各种管道，采矿时还要堆积固体废弃物堆，使自然的“一”字形视觉轮廓线为凸凹不平的折线所取代，牛羊也丧失了踪迹，景观的整体协调性被打破。

2. 对大气视觉的影响

大气具有一种感官质量，明净、清新的空气能使人心情开朗、精神振奋，而采矿却常常破坏大气的这些属性。从矿井、固体废弃物堆、烟囱等排放的各种微粒弥漫整个矿区，使矿区的大气可见度下降，天空一片灰暗、阴沉，再加上噪声的扰动，人的好心情到这儿只会丧失殆尽，更勿庸言及美感了。

3. 对水景的影响

水景以许多形式（降水、湖泊、河流、泉水、瀑布等）给人造成各种美感，而采矿却给这些美景带来甚至是致命性的毁坏，由采矿造成的裂缝、塌陷致使地下水位的下降从而导致湖泊、河流、泉水等景观的消失；由矿区排出的生产生活污水致使湖泊、河流等各水体颜色的改变，生活于其间的水生生物遭受空前浩劫，各水体成为“死水”一滩；矿区的生产生活设施不和谐地插入到水景中，降低了原有景观的美学价值，甚至不再成为风景。

4. 对生物视觉的影响

一个地区的动植物群落大大有利于该地区的美学质量，委婉动听的鸟鸣，芬芳沁人的花香，郁郁葱葱的树林，自由闲散的野兽……这些给周围人们的生活带来多少欢乐，构成一幅多么美好的景色。而兴建矿山需要大量的土地，于是乎不惜侵占这些花虫鸟兽的自然乐园，造成鸟兽绝迹，花木无踪，只剩下孤零零的人类，要有美也是单调、乏味的美。

5. 对建筑物视觉的影响

建筑总是存在于一定的环境之中，建筑设计的构思与创作也就必然离不开环境的启示。古往今来，一切好的建筑作品，往往都会恰如其分地反映其外部环境的某些特征，形成建筑与环境完美的结合。采矿是一种经济行为，以前矿山的设计是不会考虑与环境是否和谐，往往打破了原有的建筑与环境的完美结合，如一些矿排放出的酸性污染物（如二氧化硫等）对矿区附近的大理石雕塑不可避免地要造成损害；矿区高大的建筑从体量、气势上压倒了该地区原有的高层美景；一些需要某些特殊条件（如安静的环境、树林的陪衬等）的建筑物因置身于矿山中而与这些条件无缘，使其景观大打折扣。

当然，采矿也会造成某些景色，如塌陷导致湖泊的出现，可是这些湖泊无论从景观学还是美学的角度来看均不及天然湖泊，其美学价值也有限。可见，采矿活动对景观美学具有巨大的破坏力，生态重建专家应努力转变这种情况。

七、采矿活动对经济的影响

经济与环境的关系是随着时间在变化的，以前的那种只强调经济而忽视环境的做法导致了许多严重的后果。现在人们已经认识到两者之间是相互促进、相互制约的，发展时不可偏废。

采矿活动对经济的影响首先表现在它直接导致了以之为基本部门的城镇的兴起、繁荣与衰落。城镇的基本部门是指为该城镇以外的居民提供产品的工业和服务部门，该部门为城镇获得收入并以之购买该城镇不能自己生产的食物和原料，它是城镇得以存在和发展的经济基础。基本部门之外的其他部门通常是非基本部门，它常为基本部门提供产品和服务，并随基本部门的发展而发展。现在我国大部分矿区往往是该矿区所在城镇的基本部门，它的发展好坏直接影响了该城镇的经济状况。

如果某个小村镇附近发现了一个大矿藏并进行挖掘，这就会引进许多投资，于是厂房、住宅兴建起来，与外界的交通也得以改善，医院、学校、商店、娱乐设施也相继出现，最终小村镇成长为一个现代化的工业城市，经济得以迅速发展。我国的很多城市就是按上述机制兴起的，如石油城市大庆、煤炭城市平顶山等。

当一个城镇赖以成长、繁荣的矿藏挖掘殆尽时又会怎样呢？很明显，如果该城镇不另外寻求基本部门的话，那么它的经济将会衰退，从繁荣走向衰落。1982 年 5 月，美国埃克森石油公司认为科罗拉多州拜多门方山附近庞大的页岩油项目太昂贵而难以牟利，于是关闭了采油厂，结果尚处于兴建中的社区停止了投资，几千居民连夜离去，拜多门方山成为一座空城。

采矿活动是一种经济行为，但由于它对环境产生了巨大影响，因此环保意识很早就参与其间，并且现在正逐渐得到更多的重视。许多国家已经把采矿所造成的环境影响折算为经济效益考虑到采矿经济活动中去，通常是以向矿山企业收取排污费、征用土地补偿费等形式体现，这也是采矿对经济的影响之一。

以上讨论了采矿活动对环境的影响。要使这些影响降低到最小程度和对采矿迹地的生产力进行恢复，必须进行生态重建。

第二节　人类活动与气候变化

全球气候变化及其对人类事务的潜在影响已引起学术界、决策界乃至公众的注意。气候变化对农业和粮食保障的影响更是全世界关注的一大问题，对中国尤其重要。中国 12 亿多人口的生存有赖于农业，而中国农业正面临严重的生态与经济挑战，全球气候变化将使这一问题更为严峻。

一、全球气候变化问题

1. 气候变化与全球变暖

气候变化古已有之，现在气候变化的独特之处在于人类活动改变了大气圈的组成和

行为，致使变化速率前所未有。如果目前这种趋势继续下去，则地球将面临突破任何历史记录的气候冲击。

各种大气科学的研究都得出一致的结论，即温室气体的排放将使全球平均温度增加。有证据表明，大气中二氧化碳的浓度在 1870 年时约为 280×10^{-6}；而直接观测显示，已从 1958 年的 315×10^{-6} 增加到 1985 年的 345×10^{-6}；1870—1958 年间的年平均增率是 0.1%，而 1958—1985 年间是 0.3%。其他温室气体（如甲烷、氧化氮、臭氧、氟里昂）加起来对地球变暖的作用也与二氧化碳相当。如果目前温室气体的排放趋势继续下去，则地球表层将以每 10 年 0.3℃ 的速率增温。到下世纪中期，累积的变暖效应将使地表平均温度比工业革命开始前的“自然背景温度”提高 1.5—4.5℃。

虽然区域气候对全球温室气体积累的响应还不甚明确，但从古气候记录和其他证据可知，地表平均温度哪怕是很小的异常变化，也足以对地方气候产生严重的影响。例如，现代与小冰期气候差别的平均温度体现不过就是 1℃，但在欧洲，延续于 14—17 世纪期间的小冰期却使传统农作物频频歉收或绝收。中国小冰期的开始早于欧洲，其间作物产量亦显著下降。若地表平均温度在目前水平上提高 5℃，则地球将比过去 3×10^{6} 年中的任何温暖期都热。在已经历过的那些温暖期，北半球的极地冰盖曾经消失，海平面曾比现在高出 75m，热带和亚热带曾向北扩展到现在的加拿大和英格兰。

现代全球气候变化的证据已经出现。地表平均温度已在过去 100 年来上升了约 0.5—0.7℃，其间 11 个最暖年中有 7 个发生在最近 10 年，极端天气事件的频率和强度都在增加。

2. 温室气体增温的可能效应

气候与其他自然过程乃至经济发展都有解不开的联系。温室气体增温及有关的气候变化必然会导致生物-自然过程和社会经济条件的改变。

一种直接影响是海平面上升，海洋水体热膨胀和冰川融化的综合作用很可能在下一个百年内使全球平均海平面上升 20—100 m。人口密集的世界大河三角洲和沿海低地将受显著影响，自然系统和人类活动都会受到严重威胁。

由于大气圈保持水汽的能力随温度的增加而增加，全球变暖很可能导致全球变湿。某些模拟结果显示，二氧化碳倍增将使全球平均降水量增加 7%—11%。但在另一方面，较高的大气和地面温度也将加强植物和土壤的总蒸发。两方面平衡，土壤水分已趋紧张的地区将更为紧张。特别是作为世界主要粮食产区的中纬度和大陆中部地区将变干旱，夏天更为明显；作物生长期的水分条件恶化将导致农业减产。

温室气体增温在全球的分布是不均匀的，将会显著缩小热带与极地之间的温差，从而影响全球天气系统的热动力机制，显著改变决定区域气候的大气环流和洋流的格局。这种天气动力的变化将改变很多地理区域的生态和生产条件，而且极端天气事件发生的频率、出现时间、延时和分布都会变化。

人类活动的很多方面，如农业、林业、渔业、人体健康、沿海的基础设施、聚落、交通运输等都会受影响。由于农业的普遍存在，及其对人类生存的重要性和对气候条件的敏感性，气候变化对它的影响更受到高度重视。

3. 气候的波动与不确定性

气候变化包括长期平均状况的渐变,"正常范围"内的大波动,可能极端事件之类型、频率、强度和分布的变化,而且所有这些可能会同时出现。包括农业在内的人类活动不仅对平均状况的变化,而且对波动和预料不到的情况都应作出响应。气候波动尤其是极端事件的变动对人类社会的冲击,很可能比可预料的长期平均状况变化还严重。

对全球气候变化虽然已有了普遍的认同,但还存在一些重大的不确定性。未来气候的状况一般都由 GCMs(普通环流模型或全球气候模型)导出,而大多数此类模型对与全球变暖有关的季节和区域气候变化的判断却大异其趣,尤其在区域降水量变化的判断上差异更显著,而区域温度变化的判断上差异较小。全球气候变化会在什么时候产生重要社会经济影响,也不是很明确的,部分原因是未来温室气体的排放量不确定。气候将渐变还是突变,也不确定。很多此类不确定性的根源,在于我们对全球气候系统的动态机制缺乏详细的认识。但气候本质上就是不确定的,所以这不能成为阻止分析气候变化(或不确定性)对经济和其他方面影响的理由。必须承认气候的波动性和不确定性,不管它是否"变化",这是分析气候对社会经济负面影响的前提。

二、气候变化的农业意义

对当前的气候波动和未来的气候变化,农业是最敏感的部门。全球气候变化很可能加大世界农业系统的压力,农业产量可能下降,而这正好发生在农产品需求急剧上升的时候。据分析,在二氧化碳倍增导致气候变化的期间,世界食品和纤维的需求将上升 2—2.5倍。

1. 对农业地理限制的影响

全球变暖可望使温度带向极地移动,在目前农业潜力受热量限制的地区,作物生长季会延长。据研究,年平均温度每增加 1℃,北半球中纬度的作物带将在水平方向北移 150—200 km,垂直方向上移 150—200m。由此可知,未来 50—70 年间全球 1.5—4.5℃ 的增温可使世界主要粮食带向北扩展 230—900km。然而,作物布局不仅取决于温度条件,也受土壤、水分和社会经济等条件的制约。由于水分条件恶化,以及较高温度还会促使作物徒长和缩短灌浆期,中纬度主要粮食产区很可能减产。在低纬度,增温改变农时的影响不可忽视,尤其是一年多熟的地区。例如,南亚和东南亚地区若变暖 1℃,已适应当前气候条件的农时将需要作重大的重新安排。

全球变暖对水分条件移动的影响尚难以估计。最近的 GMCs(全球气候变化)研究了大气二氧化碳倍增对土壤水分的影响后认为,在东北非、南非、阿拉伯半岛西部、东南亚、澳大利亚东部、美国南部和阿根廷,12 月到来年 2 月的土壤水分会减少;在北非、西非、部分东欧、华北和华中、部分原苏联、中亚、西北利亚、澳大利亚西部、美国南部、中美洲和巴西东部,6—8 月的土壤水分会减少。

全球变暖对农业的若干重要影响中,知之最少的或许就是极端气候的可能变化,如干旱、暴风雨、干热风、冻害等的强度和频率变化。冷和热对作物的限制并非与冷、热的强度

本身成正比例关系，作物产量对冷、热限制常常表现出一种非线性的响应。总蒸发率加速的一个显著结果是，热带和亚热带某些地区的旱灾频率会比现在高。干旱强度和危害程度的变化是对农业的最严重威胁，无论是在全球或区域尺度，尤其是现在已潜伏着干旱的地区。

增暖还可能使作物和牲畜病虫害的地理范围扩大，这对纬度较高的地区危害最大。目前限于热带的牲畜病虫害会扩散到中纬度地区，病虫害一般不严重的寒温带将深受其害。此外，气候变化还会严重影响害虫及其捕食者和寄生者之间的物种相互作用。

全球变暖导致的海平面上升将会淹没沿海重要的粮食生产基地。例如，对尼罗河三角洲的初步研究表明，海平面若上升 100cm 会淹没目前埃及 15％人口的住房和大约同样比例的粮食产地。

2．对作物产量的影响

可分两种情况来分析，即大气中化学组成变化对植物生长的直接影响和温室效应导致的农业气候条件变化对作物产量的影响。

大气中二氧化碳浓度的增加提高了光合作用率和水分利用率，有助于植物生长，尤其对包括小麦、水稻、大麦、豆类和根系作物在内的 C_3 植物。实验表明，若其他与作物生长有关的因素不变，二氧化碳浓度增加使 C_3 作物的产量显著增加。对包括玉米、高粱、小米和甘蔗在内的 C_4 作物，尚无直接助长效果的可比证据。显然，即使对于 C_3 植物，大气化学组成变化的影响也是很复杂的。植物呼吸作用、水分要求和可得性、固氮作用、植物生长阶段、作物质量、其他气体组成等方面变化的影响很可能压倒二氧化碳增加的助长作用。

一般研究更重视作物产量对气候变化的响应。低纬湿润地区的水稻产量受温度变化的影响很显著，北纬 6°—31°内众多农田实验表明，结实期温度上升 1—2℃会使产量下降 10％—20％；纬度越高，受影响越严重。调整农时有助于消除此类影响，但这在农时必须与季风降雨期相适应的地方很难作到。

在热带半干旱地区，若降雨量不变，那么增温加速蒸发从而使土壤水分条件恶化，作物产量将下降。例如在印度北部，在雨量不增的情况下，均温哪怕增加 1℃也会使小麦产量减少 10％。肯尼亚的一个案例研究还考虑了雨量减少的影响，结论是玉米产量会减少 30％—70％。

对世界粮食供给的一个最严重威胁是，中纬度“谷物带”变暖及伴随的作物水分亏缺将使粮食生产潜力降低。美国所有主要的非灌溉作物将减产，高粱、玉米和水稻减产最严重；加拿大草原地带的平均产量将减少 10％—30％；在澳大利亚，若增暖 3℃且夏雨增加、冬雨减少，则小麦产量可望增加。上述主要谷物出口地区的产量变化将显著影响全球食品贸易。

在诸如北美大草原北部、斯堪的纳维亚半岛、俄罗斯的欧洲部分北部、新西兰南部、阿根廷和智利南部这样的高纬度地区，温室气体增暖的幅度将最大，目前农业受到的热量限制会减缓。但这些地区不受土壤和地形限制的面积有限，所增加的产量不足以补偿中纬地区的减产。

总之，全球变暖对作物产量的影响在不同作物、不同地区、不同农业系统上有不同的

表现。一般说来，中纬地区将受损，高纬地区将受益，但益不敷损。

3. 对农业系统的可能影响

气候变化与波动导致的农业生产空间分布和作物产量变化，会影响到农业系统的很多方面，如区域比较优势、农业结构、粮食供给、区域产业结构、农产品的价格和贸易、就业等等，甚至会影响到区域经济和国民经济。

模拟分析显示，美国国内的农业比较优势将会明显东移，其他中、高纬度国家内也会发生类似的移动。全球农业结构很可能变化，加拿大和俄罗斯的谷物部门将处于更有利的地位，美国的粮食出口将减少。

区域尺度上的食品保障将受到严重威胁，尤其在热带的欠发达国家。中纬度主要粮食出口国的减产将使粮价上升(若减产 10%则粮价上升 7%)，这会严重影响食品短缺国家进口粮食的能力，或挤占非农业部门发展所急需的外汇。

对付气候变化的负面影响迫切需要调整农业技术，但欠发达国家调整技术的能力有限，因此全球变暖对这些国家的威胁尤其严重，特别在目前农业已很脆弱的地区。

4. 气候变化对中国农业的潜在影响

国际学术界已出现了一些有关气候变化对中国农业影响的研究，结论大相径庭。美国国防大学的一份报告估计，中国粮食产量将增加，中国将从粮食进口国变为粮食出口国。然而悲观的结论更多，如 Kellogg 认为，中国主要农业区很可能将变干旱，对粮食生产有严重影响。Parry 和 Swaminathan 也指出，全球升温将使中国北方和华中的土壤水分减少，农业将减产。

中国科学家的有关结论也是见仁见智。黄秉维认为，全球变暖将使中国的温度带北移，其直接作用对作物生长是有利的。例如，边缘热带的橡胶、咖啡等作物再也不会遭受现在偶有出现的冷害；在中、北亚热带，目前的一年两熟制可望变为三熟制；在暖温带，升温不仅会增加作物产量，也将有利于水果生产。但是全球变暖的间接作用(诸如病虫害增加)却对作物生长有害，更重要的是未来降水的不确定性将严重影响中国的农业生产。赵明茶的研究表明，全球变暖将使中国的寒潮之害减轻，有利于农业生产。特别是在中国的干旱区，由于降水将增加，土壤水分条件将得到改善，干旱频率将减少，灌溉面积将扩大，农业生产潜力将提高，作物产量也会较稳定。

大多数中国学者认为，由于中国农业对与气候有关的多种条件变化已经很敏感，全球气候变化将会严重冲击中国农业，尽管区域气候变化的前景尚不确定。增暖导致蒸发、风蚀、干旱的加强和台风频率的加大，使农业总产量至少损失 5%；某些森林物种将严重丧失，部分森林将变为稀树草原；即使是中等程度的海平面上升也会对沿海地区造成严重灾难。大片耕地和养殖场将被淹没，而这正是中国沿海的主要食品生产基地。大河三角洲是中国人口最密集、土地最有生产力、基础设施和工厂城镇最富集的地区，受海平面上升的威胁也最严重。珠江三角洲有一半(3 500 km^2)将被淹没，长江三角洲和黄河三角洲等较发达地区的大部分也将面临洪涝灾难。

若无降雨量的增加作为补偿，则主要粮食作物将减产。温度每增加 1℃，玉米平均产量会减少 3%；小麦也将由于水分条件恶化而减产；晚稻则由于生长期缩短而严重减产。

于是中国的粮食生产将面临严峻挑战，而这正好发生在中国人口和生活水平都将明显上升之时。扩大农业生产的可能性进一步受限，资源利用的余地更小，未来食品自给的保证程度将更无把握，农业系统更趋脆弱。

三、农业对气候变化的适应对策

尽管气候变化对农业的影响具有不确定性，但“有备无患”，适应对策研究正在蓬勃兴起。农业的“适应”问题可从两方面来看。首先，农民和农村社区在面临气候条件的变化时会自觉地调整他们的生产实践，这是一种“自发”的适应策略，关于气候变化对农业影响的任何评价都应当考虑到采用此类策略和可能性。其次，在面临气候变化可能带来的减产或者新机会时，政府有关决策机构应促进农业结构的调整，以尽量减少损失和尽量实现潜在的效益。这种“有计划”的适应策略与减少温室气体排放的政策一样，都是关注气候变化对人类社会影响的决策响应。当然，农业对温室气体的排放也有重要的作用。

战术上的适应措施也受到高度重视。有三类战术调整：改变土地利用（如农业区和作物类型的调整），调整管理措施（如增加灌溉和施肥、防治病虫害、控制水土流失、改造农业基础设施等），改变作物和畜牧制度（如调整农时）。

技术上的适应亦不可忽视，例如改造地形以减少径流和促进水分吸收、减少土壤侵蚀；改良灌溉方法以节约用水和提高水的利用效率；开发土壤保墒技术和其他农田管理措施；引进新的作物品种或变种。

必须强调社会体制适应的重要性。气候变化和波动对农业的影响在相当程度上是社会经济条件的产物，而不仅仅是气候本身的结果。以食物保障问题为例，诸如人口过剩、技术不足或不当、贫困、政策失误等因素的作用并不亚于土壤和气候的生产潜力。所以气候变化的影响问题与发展中国家更为紧迫的发展问题密不可分。增强应付当前气候波动的能力将扩大对潜在全球气候变化响应的选择范围和余地。而诸如加强农业系统实力、发展持续农业、提高农村的教育和科技水平这样的战略，即使没有全球变暖问题也是很必要的。

全球气候变化及其农业影响问题是对科学界和决策界的严峻挑战。虽然尚存某些重要的不确定性，但对全球气候变化的前景已有了广泛的认同。人无远虑，必有近忧，我们必须准备对付全球气候变化的形势。评价气候变化对农业持续性的意义并制定相应对策，既是对科学研究的要求，也为科学研究提供了机会，此类研究即使没有全球变暖也是有科学意义和实用价值的。

改善未来气候可能变化的科学信息无疑有助于此类研究，尤其是关于气候的性质（而不仅是温度）、空间解析水平（而不仅是全球或大区域）和时间解析水平（而不仅是长期平均状况）。然而，且不论未来几十年内所产生的此类信息可靠程度如何，它们对评价气候的农业影响并不是充要条件。气候本质上就是变化的和不确定的，在评价其农业影响时必须认识到这个事实。

评价全球气候变化和波动对中国农业的影响包括很多方面，至少应当有：变动条件下作物产量的持续性；从历史研究中展望农业系统调整的前景；分析气候与农业系统中其他变动因素（环境的、经济的、社会的）的相互作用；风险评价和政府的适应决策；开发和评价

为提高应变能力和减少脆弱性所能采取的措施。

第三节　土地利用对土地资源的影响

在城市化和工业化的社会里,人们往往只关心土地的经济价值,而忘却了作为人类赖以生活的土地所固有的生态学意义,乔治·马什(George P. Marsh)曾有过下列至理名言:"人们久已忘却:土地只是供他们使用的,而不是供他们浪费的,更不是供他们恣意滥用的"。马什所说的"使用土地"的意思是指下列原则:人类在其生命过程中有权使用土地,但是要求当他们把土地交给后代时,应该使土地的状况变得比他们自己接收时更好一些。

人类活动引起的对土壤和土地资源的破坏主要表现为:由不合理垦殖所引起的土壤侵蚀问题、土地荒漠化问题和土壤次生盐渍化问题。除此之外,对不少发展中国家(包括我国)来说,还有一个十分严峻的问题,即在人口数量急增的同时,赖以生产食物的土地面积却在急剧地减少,下面首先讨论这个问题。

一、各种土地利用对有限土地面积的竞争

不管对土地的利用方式作何种改进,土地的表面积却总是不变或几乎不变的。著名的古典经济学家大卫·李嘉图(David Ricardo)早就指出,土地面积是土地的最基本的和永恒的财富。尽管土地的肥沃的表土层可能被侵蚀,亚表土层也可能被侵蚀,土壤的矿物质会被耗竭,土地中对人类有益的有机体会被杀死,但破坏土地固有的表面积则是完全不可能的。所以,土地的第一项基本财富是它的表面积……一切自然系统和人类环境所具有的三维空间。

除了城市化急剧地占用土地外,由于人口不断增加,必然不断地要求更多的空间,要求更多的食品和纤维织品,从而使对土地的冲击越来越严重。无法改变的基本事实是,土地的面积永远这么多。与我们不断增长的需求相比,可使用的土地面积正在以可能造成灾难性后果的速度下降。

全球总表面积为 5.4×10^8 km^2,其中约 3/4 被水覆盖。陆地面积只有 1.35×10^8 km^2,但有一半以上不能供人们利用。根据 L·达德利斯坦普的计算,在海平面以上的土地中,约 70%不适于人们集约耕作。有 20%的土地太冷,20%的土地太干旱,20%的土地太陡峭,10%的土地没有土壤。余下的 30%的土地可作为人类的"栖息地",又被称为可居住的土地。不能生产食物的土地被称之为"严峻环境"。

乐观主义者总想像在干旱地带有大片的可开垦的土地,认为只要对它们进行勘察和投资开发,就可能有收获。但实际考查表明,在世界干旱区能否有超过 2% 的土地供开垦是值得怀疑的。某些湿润的热带地区存在着一定面积可利用的未垦地,但利用后是否会对生态圈产生长远的影响,这是目前正在争论而尚未解决的问题。如 70 年代巴西政府对亚马孙河流域热带雨林的开发利用计划("草原化计划")就属于这样的问题。当时巴西政府曾鼓励该国东北部干旱区的农民迁移到亚马孙雨林区去。至 1975 年,已约有 5000 农户迁入该流域。政府曾计划到 1985 年至少应有 8×10^4 户(超过 5×10^5 人)迁入。不少科学家认为,巴西政府的"草原化计划"至少有两点是错误的。第一,亚马孙流域雨林的土

壤不适合于做耕地或放牧。很多人不认识广大雨林赖以生长的土壤是贫瘠的。在那里，养分都在树里，而不在土壤里。并且，森林一旦被砍伐，薄薄的一层土壤很易遭受侵蚀。几场大雨就可以把整个土层冲刷掉。这样，其最可能的结局是：既没有农地，也没有牧场，没有了草原，也没有了雨林，只剩下被烤干了的砖红壤壳覆盖着的连绵伸延的不毛之地。第二，亚马孙雨林在世界植物的“光合作用”（制造大气圈氧气）中起着相当大的作用。当然，人们对这一问题的认识尚不深入。但人们不能不考虑，这样大的生物量被去除后将对地球大气圈产生什么样的影响。

某些土地经济学家将“人类栖息地”定义为“可被人们为任何目的加以利用和能够被利用的全部土地”。这样，栖息地成为一个动态性概念，即人们能够通过发展技术来增加对土地的利用，开发地球上至今尚无人类居住的地方。相反地，现有的栖息地也可因人们滥用而减少。无疑地，这个概念是有益处的。据 N.J. 格林伍德等 1979 年提供的数据，当时地球上平均每人的栖息地为 1.215hm^2。可以想像一下，每人 1.215hm^2 的土地被用来生产食物和纤维，并供住宿、交通、娱乐、教育以及文化活动，这意味着什么？而当时在美国，实际上每人平均占有土地超过 3.119 hm^2。根据《1977 年统计文摘》，美国每人平均所消费的食物及纤维相当于在 0.69 hm^2 耕地、1.13 hm^2 高质量牧场、0.61 hm^2 林场所生产的产品。此外，每个居民平均有 0.78 hm^2 的土地供城市工业、交通、居住、娱乐及军事而用。

由上述可知，栖息地的概念中包括了可耕地，但远不限于可耕地。可耕地是指适合于耕种的土地。世界上可耕地的面积大大少于栖息地的面积。据联合国粮农组织和美国农业部联合作出的可靠估计，全世界可耕地的数量为 2.956×10^9 hm^2。当然，与栖息地一样，可耕地的面积也有一些伸缩性。

对我国来说，从土地资源利用的角度，对我国的各类用地（耕地、园地、林地、草地、城镇村落工矿用地、交通用地、水域面积及未利用的土地面积等）面积已有一些统计资料，但尚未见有从栖息地角度进行研究的正式报导资料。随着建设事业的发展，我国的耕地资源被破坏和耕地数量急剧减少的情况是一个十分可怕的问题。1949 年我国的土地面积为 9.8×10^7 hm^2，40 多年来开垦荒地近 4×10^7 hm^2，但由于城市、交通、水利和农村建房占用的耕地也接近 4×10^7 hm^2，故耕地面积仍与解放初期大体相当。现在适宜开垦的荒地资源已不多了。据估计，用开荒来补偿耕地被占用，还有可能在 20 年内使目前的耕地总数保持不变。但目前在某些人口稠密地区已出现了“耕者无其田”的局面。目前我国耕地每年被占有情况严重，耕地数量减少惊人。最新统计表明，1980 年以前，平均每年净减少耕地 5.38×10^5 hm^2。“六五”期间（1981—1985 年）每年净减少 4.91×10^5hm^2。1985 年是减少耕地较多的一年，全国耕地减少 1.6×10^6 hm^2，开荒造田 5.88×10^5 hm^2，净减少 1.009×10^6 hm^2。1986 年以来国家采取一系列重大措施，制止乱占耕地，1986 年耕地净减少面积 6.4×10^5 hm^2，1987 年净减少 4.73×10^5 hm^2，1988 年净减少 3.75×10^5 hm^2，1989 年净减少 2.46×10^5 hm^2，似有逐渐转好趋势。但对此问题绝不容乐观。其一，此趋势能否真的持续下去令人怀疑。其二，不可避免的基本事实是，由于人口急剧增加，人均占有耕地面积必然以越来越快的速度逐年减少。从我国持续发展的角度考虑，严格控制人口增长和严格控制耕地减少已成为刻不容缓急待解决的紧迫问题。

二、不适当土地利用加速土壤侵蚀

土壤侵蚀是指在风或水流作用下土壤被侵蚀、搬运和沉积的整个过程。在自然状态下，纯粹由自然因素引起的地表侵蚀过程速度非常缓慢，表现很不明显，常与土壤形成过程处于相对平衡状态。因此在这种情况下，坡地还能保存完好的土壤剖面。这种侵蚀称为自然侵蚀，也称地质侵蚀。在人类活动影响下，特别是当人类严重地破坏坡地上的植被后，自然因素引起的地表侵蚀破坏和土地物质的移动、流失就会扩大和加速。这就是通常所说的作为环境问题的土壤侵蚀。土壤侵蚀分风蚀和水蚀两种。

1. 风蚀

以风力为动力的土壤侵蚀现象，是在地表缺乏植被覆盖，在土质疏松和土层干燥的情况下，由风速达 4—5m/s 的起沙风吹拂地面的结果。这种现象主要发生在干旱与半干旱地区。其沙风具有吹蚀原有地形和土壤，使尘沙向远处蔓延的双重作用。其结果不仅毁坏土壤，而且出现风蚀洼地，被吹运的土壤将在一定的地区重新沉降，掩埋河道、湖泊和农田，从而降低土壤肥力。

由滥垦草原引起的土壤风蚀，美国在 30 年代，原苏联在 60 年代都曾发生过，这就是著名的“黑风暴事件”。1934 年 5 月 12 日，《纽约时报》报道：“来自远在蒙大拿州以西 1500 英里的中部各州一般高达数千英尺(1 英尺等于 0.3048 m)高的尘云，昨天部分遮盖了太阳光线达 5 小时”。报道还说：“纽约一片朦胧，好像日偏蚀时投出的阳光一样，大气中尘粒的含量为通过数量的 2.7 倍”。那一天整个美国东海岸地区好像被大雾笼罩。这是被横贯大陆的气流通过风蚀作用从美国中部大平原所带来的 3.5×10^8 t 肥沃表土所组成的尘雾。在 16 至 17 世纪欧洲人入侵之前，这一片平原被游牧的印地安人和牛群所占据。尽管印地安人放火烧掉了某些地区的森林，并且破坏了某些草原，但在 19 世纪以前，土地利用一直适合于该地区的环境条件。从经济和生态观点上看，在大平原大部分地区，放牧比农作更为合适。但上个世纪好几次雨量充沛的多雨年份延长了，促使新移民对大平原的生产能力产生了不切实际的乐观心理。在雨水多的年份，人们超出安全限度，一再扩大农场和牛群。当周期性地重现干旱年份时，便产生了上述《纽约时报》所报导的情况：由北方刮来的风横扫堪萨斯和科罗拉多东部，风过之处，把耕地的表土刮去一层，集结成大片尘云，向东南方涌去。30 年代的尘暴成为美国生态史上一个重要的转折时期。本世纪 20 年代的研究表明，全国至少有 8×10^7 hm^2 的土地受到加速侵蚀的损害，有 2×10^7 hm^2 的生产性土地已被弃耕。土壤风蚀成为当时的严重问题，整个地区惊人的崩溃，督促政府采取富有深远意义的行动。在史无前例的风暴过去以后，美国于 1935 年成立了土壤保持局。

30 年代在美国发生的黑风暴事件于 60 年代又在苏联发生了。在 1954 年至 1960 年期间，数十万拓荒者在哈萨克斯坦北部、西伯利亚西部和俄罗斯东部，利用 4×10^7 hm^2 新开垦的土地进行耕作。起初的结果是令人满意的，因为增加了耕地面积，全国谷物产量比过去 6 年猛增 50%。但是到了 1963 年一切后果就全部暴露出来了。1963 年干旱的春天发生了尘暴，3×10^6 hm^2 的作物由于干旱全部损失掉。狂风把已经干裂的宝贵表土刮

走。1962—1965 年期间，总共有 1.7×10^7 hm^2 土地被风蚀损害，4×10^6 hm^2 土地颗粒无收。对此苏联于 1965 年开始使用新设计的机械把作物根茬留在地里，并增加每年的休闲面积，注意造林和恢复植被。

2．水蚀（水土流失）

以水为动力的土壤侵蚀现象（即水土流失）在我国土质松软、暴雨集中的黄土高原地区和南方丘陵地区最为严重。其发展过程一般是由面蚀发展为沟蚀，最后导致土地的全面破坏。面蚀是指被雨水打散的土粒随地表细微径流均匀地流失，主要发生在丘陵山岗顶部，径流尚未集中的地段。长期面蚀的结果使表层肥沃细土粒被冲走，土壤变薄，质地变粗，土壤肥力显著下降。沟蚀不仅冲走分散的细土粒，同时也冲走粗土粒和小土块。沟蚀使地面支离破碎，使耕地面积大大减少，给农业生产和交通运输都带来很大困难。

水土流失是使我国土地资源遭受破坏最严重的过程之一。据 1980 年的估计，我国水土流失面积约 $150km^2$，占全国土地面积的 1/6 左右。全国每年流失的土壤达 5×10^9 t。其中最严重的水土流失是黄土高原地区。黄土高原土壤侵蚀之所以严重，既有自然原因，也有社会原因。自然原因是，黄土本身是疏散沉积物，缺乏有机质，抗侵蚀能力很低。且黄土的垂直节理发育，易发生崩塌。另外，黄土地区降雨集中，降水强度大，更助长了侵蚀。人为因素是：无限制地开垦放牧，毁林挖草，使地面失去保护。黄土被侵蚀的速度是非常惊人的。黄河中游陕县站多年平均输沙量为 1.6×10^9 t，折合土壤侵蚀模数为4 000 $t/(km^2\cdot a)$，即每 km^2 地面上每年有 4 000 t 土壤被侵蚀掉。由黄土高原流入黄河的 1.6×10^9 t 泥沙中约有半数来自各类坡地较肥沃的表土。以耕土层平均 20cm 计算，整个黄土高原每年要破坏耕地 3.7×10^4 hm^2。据历史记载，唐代后期，董志塬面非常完整。南北长 42km，东西宽 32km。而今南北长虽无大变化，但东西最宽仅 18km，最窄处不到半公里时，两侧沟头大有连接的趋势。坡面上的各类沟蚀是馋食和分割这块土地的主要方式。据对 1957 年和 1979 年航空照片分析比较，固源县 17 条沟道每年沟头前进 5.32m。沟道侵蚀的结果是地表极度破碎。水土流失越重，土壤肥力损失越多，作物产量就越低。产量越低越要求多垦，越多垦，水土流失越重，这样就形成了“越垦越穷，越穷越垦”的恶性循环。据当地农民的长期生产实践和科学工作者多次考察研究得出的结论，认为在黄土高原地区应坚持牧、林为主的经营方向，同时应采取水利工程和生物工程相结合的措施，才有可能有效地防止水土流失的进一步加重。

我国南方山地的水土流失亦相当严重。我国亚热带地区山地丘陵面积占 70%左右，植被破坏后，在大雨条件下极易引起侵蚀。四川盆地的丘陵和秦巴山地等属于强度侵蚀区，平均侵蚀模数为 8 500 $t/(km^2\cdot a)$。中度侵蚀区包括湘西、川鄂山地丘陵等平均侵蚀模数为 6 500 $t/(km^2\cdot a)$。轻度侵蚀区包括淮阴山地丘陵、五岭山地丘陵等，平均侵蚀模数为 3 000 $t/(km^2\cdot a)$。这些地区水土流失日益严重的原因是植被不断地被破坏，森林覆盖面积日益减少。如岷江上游森林覆盖率解放初为 30%，现已大大低于 20%。云南省的森林覆盖率由原来的 60%左右，降到现在的 30%以下。福建省在建国初期森林面积占 65%，现在降到 20%以下。由此说明，防治我国南方山地水土流失的关键在于恢复植被。一定要保护森林，严格控制采伐强度，确定山地以林副业为主，合理规划与利用土地。只有这样，才能有助于环境的改善和地区生态平衡的维持。

三、土地荒漠化问题

世界各大洲约有 1/3 以上的土地处于干旱区。干旱区的土地大部分为各种类型的荒漠，其中主要是沙质荒漠，即沙漠。许多沙漠是在当地不利的气候条件下加上人类活动的影响而形成的。据历史地理资料，印度半岛的塔尔沙漠是在当地气候条件下由人为破坏了植被而形成的。我国西北也有这样形成的大片沙漠。如内蒙古伊克昭盟南部和陕西省北部的毛乌素沙漠，至少在唐朝还是水草丰满的地区，后来才就地起沙。新疆塔克拉玛干大沙漠的内部及周围，曾经分布过很多绿洲，现在都被流沙覆盖了。

在这里我们所说的荒漠化是指由于植被破坏，地面失去覆盖，在干旱气候区强风作用下就地沙的现象，是指由固定沙丘变成半固定沙丘再变成流动沙丘的现象，也是指流动沙丘向外围扩展前进的现象。目前的荒漠化地区主要分布在荒漠边缘干旱与半干旱的草原区。在这类地区，雨量稀少，蒸发量大，气候干旱多风，植被一旦被破坏，土壤就会受到严重风蚀，造成土地荒漠化。

草原地区的荒漠化是由于不合理垦殖或因过度放牧引起的。由于这一原因，全世界荒漠化土地的面积正在以惊人的速度增长着。非洲、亚洲和拉丁美洲许多地区的粮食生产能力正因此受到巨大影响。如据联合国国际开发署估计，在过去 50—60 年中撒哈拉沙漠南部边缘 6.5×10^5 km^2 适合于农业或集约放牧的土地已消失在撒哈拉沙漠中。撒哈拉沙漠不仅向南移动，也在慢慢向地中海方向移动。本世纪以来，北非干旱地区的人口增加了不止 6 倍，致使这一地区的许多国家都加快了对植被的破坏，过度放牧和扩大耕地都导致了环境恶化。据联合国粮农组织估计，每年有 10×10^4 hm^2 的土地变成了沙漠。曾经是具有中等植被的中东广大地区，从以色列的地中海沿岸一直到阿富汗，经过几百年的过度放牧和打柴，已经形成了光秃秃的类似沙漠的环境。一些专家认为，在北美，包括亚利桑那州和新墨西哥州的部分沙漠在很大程度上都是在欧洲人入侵以后过度放牧造成的。阿根廷的某些省也正在出现荒漠化土地。60 年代的 10 年干旱，导致这里的沙漠以每年 1.5—3 km 的速度在 80—160 km 宽的前沿地带向前推进。

目前，地球上沙漠及荒漠化土地面积共 4.5608×10^7 km^2，占地球上土地面积的 35%，威胁到全球 15%的人口和 100 多个国家和地区。荒漠化正威胁着可利用的土地，成为当今时代的一个严重的环境问题。

在我国北方，荒漠化土地面积共达 3×10^5 km^2 以上。其中历史时期形成的荒漠化土地面积为 1.2×10^5 km^2，占荒漠化土地总面积的 48.2%。这些荒漠化土地共影响到 12 个省(区)的 212 个县(旗)的近 3.5×10^7 人口，威胁到将近 6.7×10^5 hm^2 草场和耕地。初步调查资料表明，近半个世纪以来我国的荒漠化土地平均每年扩大 1 000 km^2，特别是在半干旱地带的农牧交错地区最为显著。如以内蒙古东部哲里木盟的科尔沁草原为例，以流动性沙丘和半流动性沙丘为主的严重荒漠化土地和强烈发展中的荒漠化土地，已从 60 年代初期占该盟土地总面积的 14.3%，到 70 年代中期扩大为占 50.2%。察哈尔草原的荒漠化土地也从 60 年代初期的 2%扩大到 70 年代末期的 12%。即使原来没有荒漠化土地的草原垦区目前也有不少退化为荒漠化土地。一些原来以固定、半固定沙丘为主的疏林沙地环境也在迅速变化，如浑善达克河南部的正蓝旗，流沙面积也由 50 年代末期的

2%,扩大到70年代末的27%。该沙区东北部的克什克腾旗西部的农田受荒漠化危害的面积已占耕地面积的44%,牧场荒漠化面积已占可利用草场面积的44%。由于荒漠化过程的发展和程度加剧,使土地生产力下降。在这些地区,粮食多年平均产量仅为225—525 kg/hm²。

我国北方地区的荒漠化土地的发展过程有两种类型:一是风力作用下沙漠中沙丘的前移,造成沙漠边缘土地的丧失,如塔里木盆地南部塔克拉玛干沙漠边缘、河西走廊、柴达木盆地及阿拉善东部一些沙漠边缘的地区均属此种情况;二是由于强度土地利用破坏了原有的脆弱的生态平衡,使原非沙漠地区出现类似沙漠的景观,如过度农垦、过度放牧、过度樵柴、水资源利用不当和工交建设破坏植被引起的荒漠化,表8-1列举了我国北部地区不同成因类型荒漠化土地所占的比例。

表8-1 我国北方荒漠化成因及其面积比例

荒漠化土地成因类型	所占比例(%)
草原过度农垦所形成的荒漠化土地	23.3
过度放牧所形成的荒漠化土地	29.4
过度樵柴所形成的荒漠化土地	32.4
水资源利用不当所形成的荒漠化土地	8.6
工交建设所引起的荒漠化土地	0.8
自然风力条件下沙丘的前移入侵	5.5

从表8-1的资料中可以清楚地看出不当的人为活动是造成现代荒漠化土地的主要原因。在一些生态平衡脆弱的地区,土地支持人口生存的能力很弱,使由于人口对土地的压力引起的荒漠化土地在这些地区迅速蔓延。

四、灌溉与土壤次生盐渍化

在土壤学中,一般把表层含有0.6%—2.0%以上易溶盐的土壤称为盐土。土壤盐渍化严重时,植物,尤其是作物很难成活。盐渍土的生成有一定的自然条件基础,即在干旱气候条件下的低洼地区地下水位埋藏不深的地方可以形成。在这种条件下,地下水可通过毛管上升强烈蒸发,水被蒸发了,水中所含的盐分便沉淀析出,堆积于土壤中。人类的灌溉活动对盐渍土的生成有很大影响。正确的灌溉方式可以达到改良盐渍土的目的。反之,不正确的灌溉(灌溉水量过大,只灌不排,灌溉水水质不好等)可以导致潜水位提高,引起土壤盐渍化。由于人类不合理的农业技术措施而发生的盐渍化被称为次生盐渍化。土壤次生盐渍化是干旱区土地资源农业利用中最易产生的重要环境问题之一。

在第七章里已经提到,底格里斯河与幼发拉底河平原,即美索不达米亚,现在的伊拉克一带,是最早的人类文明源地之一。在6—7千年前,那里的人民就懂得引用河水灌溉农田,在沙漠里培育了许多作物。美索不达米亚可能是世界上最古老的灌溉区。但6千年前人类管理的最后结果,并没有把这里变成最肥沃的土地。相反地,历史最悠久的灌溉实践却彻底破坏了这里的土壤,至今没有复原。在缺少排水条件的情况下,美索不达米亚

的地下水位开始升高，水渠渗漏和周期性的洪水也提高了地下水位。当地下水通过土壤毛管被蒸发时，就在地表留下一层薄薄的盐。千百年湿润与干旱的往复，使地面留下了一层又厚又白的外壳，致使许多地方的土地完全不能经营农业。现在伊拉克南部广大地区的古老农田就像刚下过雪那样闪闪发光。不合理的灌溉毁坏了全国20%—30%有灌溉潜力的土地。美索不达米亚的衰败是被人们反复记取，时而又忘记的历史教训，灌溉（为干旱的作物提供水分）和排水（从土壤中排去过多的水分）是整个农业灌溉系统中不可分割的两个方面。

巴基斯坦的印度河平原是遥遥领先的世界上最大的广阔灌溉地区。但早先的灌溉大多是在河水上涨时才进行，灌溉区局限在沿河的狭长地带。19世纪中叶英国人在这里建设了大规模的永久性的灌溉系统，使这个地方成为印度次大陆的粮仓。他们修建了大量的水渠和供储水用的堤坝。当这些设施刚刚建成，就发生了意外的事情：水井的水位开始上升。新建的水利设施改变了水循环的平衡，有1/3的水渗进到地下水中，使地下水位以每年0.3—0.6m的速度不断上升，直到离地表3—4m为止。在这种情况下由于毛管水上升蒸发，使在不到20年的时间内，上层1m厚的土壤的含盐量达到1%，使作物无法忍受这种浓度的盐分。到1960年，水涝和土壤次生盐渍化问题造成重大损失，严重受害的土地面积估计有2×10^6 hm^2以上，占印度河平原耕地面积的1/5。由于盐渍化，土地产量大幅度下降，有的则颗粒无收。好几百万hm^2农田的生产率远远低于潜在水平。到1961年政府订下了解决问题的全部策略：决定修建近5×10^4 km的排水渠，排泄农田里多余的水分。最早的兴建区于1964年作了试验，地下水位明显下降。总的说来，到1970年，许多观测者认为，土地的恢复超过了土地的丧失。

土壤次生盐渍化使世界上大约30个国家受到不同程度的危害。我国由于在一些地区施行不合理的灌溉，也造成了大面积的土壤次生盐渍化问题，早在50年代末，冀、鲁、豫三省次生盐渍化的土地面积就曾扩大到4×10^6 hm^2。内蒙古后套地区1954年盐渍化的土地只占灌溉土地面积11%—15%，1963年增至22%，1964年又增为31%，1973年增加到58%，新疆土壤次生盐渍化合计已占耕地面积的1/3以上。由此可见问题的严重性。在我国华北平原地区曾花大力气研究解决土壤次生盐渍化问题。在施行灌溉农业措施时协同考虑蓄水、用水和排水的矛盾，在综合防治这个区域的旱、涝、盐危害方面已取得不少经验。但就全国范围而言，防治我国华北和西北的土壤次生盐渍化问题仍是一项急切的任务。

第四节　水利工程对水资源的作用

人类活动引起的水资源破坏和水环境问题，除污染问题外，还有以下几类。

1. 过量引用地表水导致河、湖干枯

通常，人们对水资源的认识存在着两个基本概念：一，水是可更新资源，或称可循环资源，是生态资源的一种。从全球水分循环和水量平衡的总体着眼，水的特点是其在地球上的总数量恒定不变。即水是“取之不尽、用之不竭”的资源。二，水又是极为珍贵的资源。许多地方存在着水资源短缺问题。因为一方面直接可供人类利用的河、湖淡水量不足地

球上总储水量的0.01%；另一方面，淡水资源在空间和时间上的分布很不均匀，致使诸如在中亚和北非广大荒漠与半荒漠地区水资源严重缺乏。在东亚季风区和地中海气候区，由于干旱季节与多水季节变化显著，于旱季节水资源亦十分短缺。

我国河川径流总量约2.6×10^{12} m^3，我国地下水总补给量约7.718×10^{8} m^3，扣除地表水和地下水相互转换的重复量，全国水资源的总量约2.7×10^{12} m^3，在世界上占第6位。虽然如此，但按人口与耕地计，我国人均占有水量只有世界平均值的1/4，单位面积耕地平均占有水量只有世界平均值的1/2。不仅我国西部地区干旱缺水，我国东部地区，由于受东亚季风影响，降水和河川径流的季节和年际变化很大，在某些年份，我国的许多地区都有水源短缺的问题。合理利用和保护水资源对我国有极为重要的意义。

近40年来，我国在开发利用水资源方面有巨大成绩，但也存在着一系列严重的问题，最主要是对水资源管理不善，严重浪费。尤其是在我国华北和西北等干旱地区，不合理地过量引用地表水已导致河湖干枯。例如新疆的塔里木河是我国最大的内陆河，19世纪末，某些河段还可通行大木船，1958年还有河水流到台特马湖。近年来由于大量引用河水灌溉，使输给下游的水量减少，致使英苏以下已完全断流。阿尔干以下河床大部被沙淹埋，难以辨认。

再如，罗布泊也是我国新疆著名的湖泊，在1934年实测面积为1 900km^2，至1962年尚有530km^2。目前由于孔雀河下游断流无水补给，已完全干枯。玛纳斯湖1958年以前面积550km^2，湖水深5—6m，现在也全部干枯。艾比湖由1958年的1 070km^2缩小为目前的570km^2。艾丁湖由124 km^2变为目前的几十平方公里。北疆的乌伦古海由于乌伦古河大量用于灌溉，使入湖河水量急剧减少，湖水位以每年0.4 m的速度下降，面积由60年代的827 km^2缩小到目前的767 km^2。

有些湖泊由于引水排水不当，水质变咸。例如，由于上游大量灌溉农田后排出的水泄入湖内，每年带入博斯腾湖内的盐分达6.37×10^{5} t。湖水矿化度由1958年的0.25—0.40 g/L上升到1980年的1.6—4.6 g/L。此湖已由淡水湖变成微咸水湖。

2. 过量抽取地下水导致地下水源枯竭

地下水资源与地表水资源相比有如下特点，地表水资源，尤其是河湖径流，在时间分配上非常不均匀。多水季节，江河漫溢，流泄速度很快，水资源不仅无法充分利用，而且可形成洪涝灾害。而地下水则不同，地下水运动速度比地表水缓慢得多。因此，当地表河流的水量急剧减少时，地下水仍能保持一定的水量和一定高度的水位。这样它本身不但有保持供给水量的能力，还能使与它有联系的地表水获得源源不断的补充。地下水在水循环中的滞缓，对水量在时间上的分配起调节作用，使水量的变化趋于均匀。

作为重要给水水源的地下水，不仅能弥补地表水时间分配上的不均，也能弥补地表水空间分配上的不均。地下水分布区域广而均匀，在平原地区，山间盆地都有丰富的地下水源。再则，地下水水质一般较地表水为好。大气降水的矿化度很低，一般只有几十 mg/L，并不很适于饮用，但经过由地表向地下渗漏后，并在含水层中与周围岩石、土壤接触，水的矿化度逐渐增加到零点几 g/L 到 1g/L 左右，增加较多的水溶性矿物组分。所以从化学成分上看大部分地下水是最适于饮用的。大气降水在空中以及降落到地表以后，都会混入一些悬浮的杂质和沾染细菌，而在向地下渗透过程中，能够滤去杂质和细菌，以达到水的

自然净化。因此从洁净度上看，远比地表水好。地下水是自然界提供给人类的最好的饮用水。

随着城市及工业的发展和人口增加，世界上许多大城市对地下水的开采量越来越大，地下水位逐年下降。自1850年至1950年，100年来伦敦中心地区的地下水位下降了150m。美国第二大城市芝加哥地区自1884年至1958年，近100年中心地区地下水位下降了近180m。

在我国北方干旱和半干旱地区，由于降水较少和降水集中，使可利用的河川径流量很有限。在这些地区主要利用地下水源。据1992年资料，在我国181个大中城市中，33%的城市以地下水作为主要供水水源，22%的城市是地下水与地表水兼用；在华北的27个主要城市中，地下水供水量占城市总用量的87%。我国许多地区农业用水也以地下水为灌溉水源。据不完全统计，我国农业使用地下水量每年达5×10^{10} m^3左右。

由于不合理超量开采地下水，使许多地区地下水开采量大大超过其补给量，导致地下水位连续大幅度下降。华北平原的许多地区，60年代以前孔隙承压水是自流的，但由于70年代以来的大量开采，地下水资源已出现严重枯竭。如：冀县、枣强、衡水地区的地下水降落漏斗区已由开采初期1971年的167.2km^2扩展为1981年的1 200km^2，漏斗中心的水位埋深也由17.47m加大为52.28m，含水层被大范围疏干。在我国省会级以上的27座城市中，除南京、武汉、贵阳外，24座城市分别于60年代至70年代初开始形成地下水降落漏斗。其中，具有区域性连续下降特点的有16座城市，尤其是以地下水为主要供水水源的北方各大城市和以细粒土含水层为主的沿海城市更为突出。80年代初期，这些城市的漏斗面积分别为数十至数百平方公里，甚至上千平方公里。漏斗中心水位累计下降为10—30m。最大可达70m。水位平均下降速率为每年1—2 m，最大达8.24 m。

沿海城市地区由于大量开采地下水可引起海水倒灌，使淡水层遭到咸水入侵而被破坏。天津塘沽、汉沽一带地下水已下降到海平面以下。大连市是海水入侵的典型城市之一。1969年以前，大连市海水入侵面积仅为4.2km^2。自70年代以来地下水开采量不断增大，1986年海水入侵面积扩大为206.8 km^2，咸水向陆地侵入2—9 km。

下面再以首都北京和我国最大的重工业城市沈阳为例，作稍详细的说明。北京市地下水供水量占全市总用水量的60%以上。北京市的自来水几乎全部取自地下水。由1951年到1980年，自来水供应量由1.1×10^7 m^3/a，增长为3.5×10^8 m^3/a，加上农业灌溉用水，北京近郊区自1970年以来，明显地出现了地下水过量开采的局面。1980年的开采量达9×10^8 m^3，超出了地下水平均补给量达2×10^8—3×10^8 m^3/a。地下水多年总计亏损达1.2×10^9 m^3以上。1970年以后，连年过量开采的后果使各单井或井群的地下水位下降，使分散的地下水漏斗逐步联结起来，形成大面积的区域性漏斗。1980年漏斗面积已达1 000km^2，目前仍在继续扩大。北京西郊潜水区1970年以前还处于动态平衡状态，1970年以后地下水平均每年以0.5—1.5 m的速度连年下降。集中开采区地下水位已下降了10—15 m。北京东郊属潜水承压水区，自1959年以来地下水位平均每年以1—2 m的速度下降。

沈阳市的工业和生活用水以地下水为惟一的水源。在浑河南北岸的480 km^2范围内，80年代初地下水的开采总量即为1.2×10^6 m^3/d。按这样的疏干强度，这一带的含水层将在不长的时间内被抽空。浑河北岸地下水下降区面积为360km^2，其中铁西区地下水

下降漏斗密集达 40 多 km^2。中心区地下水位埋深 33m，每年最大下降水位为 6m。自 1976 年以来，全市地下水位下降平均每年都在 1m 以上。

像北京、沈阳这样一些基本上依赖地下水供水的大城市和工业城市，如再不及时防治，无计划超采地下水，势必有一天，供水不足必将成为城市和工业发展的头等限制因素。

3. 湖泊和泄洪区的消失

此问题可以说是我国一个特殊的问题。由于我国人口众多，耕地面积相对很少，为扩大耕地面积，曾一度大量围湖造田，造成对湖泊水体的破坏。湖泊本身有调节洪水、灌溉、供水、航运、旅游及水产养殖等多种功能。我国在 60 与 70 年代对湖泊盲目围垦，致使湖泊面积和容积一度日益缩小，不但增加了洪水灾害，而且也削弱了湖泊的其他功能，并使有的湖泊完全消失。以江汉平原为例，在建国初期，湖泊数量达 1 066 个，现已减为 350 个以下。湖泊总面积由 8 330 km^2 缩小为不到 2 500km^2。洞庭湖和鄱阳湖均曾有可观的面积被围湖造田。太湖在 1969—1974 年间被围了 1.53×10^4 hm^2。洪湖 1956 年前面积为 6×10^4 hm^2，50 年代平均年产鱼 6.975×10^6 kg，由于围湖，至 70 年代只剩下 3.3×10^4 hm^2，1975—1979 年间平均年产鱼量仅 2.6×10^6 kg 左右，只及 50 年代的 37%。此外，由于植被破坏和陡坡开垦加重了水土流失，也使湖泊淤塞。以洞庭湖为例，1951—1959 年平均年流入泥沙 1.7×10^8 m^3，输出 4×10^7 m^3，留湖 1.3×10^8 m^3。按当时湖面计算，平均每年淤高 3.3cm。近 30 年来该湖共淤高达 1.5—2m 多。近 20 年来，该湖容积减少了 7×10^9—8×10^9 m^3，每年淤出土地 4 000—4 700 hm^2，使湖泊水面减小，水位下降。

4. 矿山排水损耗地下水资源

开发矿产资源是发展国民经济的一个很重要的方面。但采矿时往往遇到地下水涌入矿坑的问题。然而，能够长期造成大量矿坑涌水的，必定与附近有较大的含水层有关。从供水的角度看，这些含水层，只要水质适宜，当然是良好的供水水源。但是，采矿以获得矿产为目标，两者的出发点不同。大力进行排水采矿的结果，便在相当大的范围内疏干了地下水。在我国北方干旱地区，尤其在岩溶地层发达地区，这一问题更为突出。矿山排水将一定深度以下的地下水疏干，实际上就是将地下水位强行降低至一定深度以下。这样必然也造成周围地区地下水短缺，甚至使矿山自身所需的供水也无法保证。这是一个需要加强研究有待解决的问题。

5. 不当的水利工程对区域水平衡的干扰

这一问题可以我国华北平原为例予以说明。华北平原是我国最大的低平原，西部地形坡度为几千分之一，中东部为万分之一左右。这里的年平均降水量南部为 700—800 mm，北部为 500—600 mm。气候的共同特点是，年内雨量分配极不平衡，造成春旱秋涝。在这种情况下为保证农业生产，必须发展灌溉事业，又必须排除洪涝灾害。建国初期，首先完成了治淮工程，减轻了南部平原的洪涝灾害。50 年代后期，由于急切希望改变农业生产面貌，除修建了地表引水工程外，还修建了不少拦蓄降水的“平原水库”，并有人提出了实现华北平原河网化的口号，以期“水不出田”，以保证旱季灌溉用水。但这样做的结果是干扰和破坏了区域正常的水平衡。由于排水途径不畅，又恰逢丰水年，使地下水位急剧

上升，土壤次生盐渍化普遍发展，反使农业生产受到了损失。随后取消了“平原水库”，并停止了全部引水工程，地下水位便逐步下降。1963 年的特大降水造成大面积洪涝灾害，于是又大修排水工程，宣泄洪涝，使地下水位随之下降，洪涝大为减轻，土壤次生盐渍化也基本消除。但以后几年出现了少雨年份，干旱缺水矛盾又突出起来。如前节所述，在此情况下，大量抽取地下水灌溉农田的结果是使华北平原东部地下水位的大面积区域性下降。如何根据本地气候与地形特点，协同考虑地表水与地下水资源情况，统筹考虑蓄水、排水和用水的矛盾，以达到综合防治旱、涝、碱、洪的目的，是摆在当地人民和政府面前的一项艰巨而复杂的任务。

第五节 人类活动对生物资源的干扰

森林锐减和物种灭绝被认为是当前 5 大全球性环境问题之一(另 4 大问题是：温室气体排放引起的全球增暖，平流层臭氧耗损，淡水资源短缺和土地荒漠化)。据国际环境与发展研究所(1987)资料，在人类活动干扰以前，全世界有森林和林地 6×10^9 hm^2，到 1954 年世界森林和林地面积减少为 4×10^9 hm^2，其中温带森林减少了 32%—33%，热带森林减少了 15%—20%。近 30 年来，世界森林，特别是热带森林的减少速度明显加快，平均每年减少 8×10^5 hm^2(相当于一个奥地利的国土面积)。中美洲森林由 1950 年的 1.15×10^8 hm^2 减少到 1983 年的 7.1×10^7 hm^2。非洲森林减少更快，从 1950 年的 9.01×10^8 hm^2 减至 1983 年的 6.9×10^8 hm^2。

世界森林的不断减少直接导致生物多样性的消失和物种灭绝。据估计，地球上曾经有 5×10^8 个物种，目前尚有 5×10^6—10×10^6 个物种。

森林锐减和物种灭绝都可归为生物多样性的破坏问题。生物多样性是一个概括性的术语，包括全部植物、动物和微生物的所有物种和生态系统以及物种所在的生态系统中的生态过程。生物多样性通常被分为 3 个水平，即遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。遗传多样性是指遗传信息的总和，包括栖居于地球上的植物、动物和微生物个体的基因。物种多样性是指地球上生命有机体种类的多样性，目前被科学家实际描述了的仅约 1.4×10^6 种，但据多方面估计，在近期历史上的数量在 5×10^6—5×10^7 种之间或更多。生态系统的多样性与生物圈中的生境、生物群落和生态过程等的多样性有关。各种生态系统使营养物质得以循环，也使水、氧气、甲烷和二氧化碳(由此影响气候)等物质以及其他诸如碳、氮、硫、磷等得以循环。

下面着重讨论物种多样性的破坏问题，包括与其关系最密切的热带雨林的破坏问题。

从地球出现生命起直到现在，物种灭绝过程是始终存在的。古生物学的研究表明，现代的几百万个物种是曾生存过的几十亿个物种的幸存者。地质时期的物种灭绝是由自然过程引起的。而在今天，人类活动无疑是造成灭绝的主要原因。据非常粗略的估计，物种灭绝的平均“背景速率”为：每一个世纪有 90 个脊椎动物种灭绝；每 27 年有一个植物种灭绝。在过去的一两百年内，由于人类活动，世界上物种灭绝的速率大大加快了。人类活动导致的灭绝主要发生在海岛上和热带森林地区。据弗兰克尔等(1981)资料，在近代历史上灭绝的哺乳类和鸟类中有 75% 是岛栖物种。表 8-2 列举一些代表性海岛上特有维管束植物种属受威胁和灭绝的情况。其中有几个海岛处于稀有、受威胁或灭绝类型的占 90%

以上。

表 8-2 某些海岛上特有维管束植物受威胁情况

海岛名称	总数	未受威胁	不详	稀有、受威胁或灭绝
亚森欣岛	11	0	1	10(91%)
亚速群岛	56	14	10	32(57%)
加利那群岛	612	189	36	407(67%)
加拉巴哥群岛	222	89	3	130(59%)
胡安费尔南德斯群岛	119	6	17	95(81%)
洛德豪岛	78	2	1	75(96%)
马得拉群岛	129	23	19	87(67%)
模里西斯岛	280	31	18	194(69%)
诺福克岛	48	1	2	45(94%)
罗德里格斯岛	55	3	2	50(91%)
圣赫勒拿岛	90	0	2	47(96%)
塞昔尔群岛	49	0	1	72(81%)
索可得拉岛	215	81	2	132(61%)

由于世界上最多样化的生态系统(特别是热带雨林地区)被迅速破坏已导致大多数专家得出结论,即可能在今后 20—30 年内,地球上物种的 1/4 将处于严重的灭绝危险中。有许多迹象表明,目前世界正处于空前速度的物种灭绝过程中,每年有成千的物种消失,大多数是昆虫,有许多昆虫甚至在被科学家描述之前就已消失了。最近的一份综述报告指出,目前地球上的 9 000 种鸟类中有 1 000 种(11%)以上处于不同程度的灭绝危险中,而在 1978 年只有 290 种鸟类受到灭绝威胁。

热带潮湿的森林仅覆盖了地球陆地面积的 7%,但至少含有地球上物种数量的一半。如果认为那里尚有数百万未被描述的森林昆虫的估计是准确的话,那么热带森林中含有的物种数可达所有物种数的 90%或更多。据怀特摩等(1985)在哥斯达黎加的一个低地热带雨林的调查,仅在 $100m^2$ 的地方即计数到 233 种维管植物,也就是说,在这里,在一个网球场一半大的面积上存在的植物物种数几乎等于英伦三岛植物物种数的 1/6。

迈尔斯(1988)提出一份资料(表 8-3),说明了 10 个分布在发展中国家热带森林"热点"区和两个分布在发达国家(美国夏威夷和澳大利亚昆士兰)"热点"区内的物种分布情况。这 12 个"热点"区的面积仅占全世界现存热带森林面积的 3.5%(仅为全球陆地面积的 0.2%),但分布的高等植物物种数至少占全球热带高等植物总物种数的 27%。全世界有 13.8%的植物物种可在这些热点地区发现。

由于种种原因,目前对现在仍保留着的热带雨林的数量尚没有一致的估计,现有估计数字从 8×10^8 hm^2 到 1.2×10^9 hm^2 不等。但是大家共同认可的基本事实是:热带雨林被破坏的速度正在加速。据最保守的估计,在科特迪瓦地区,森林的消失率每年高达6.5%。全部热带国家热带雨林的年平均消失速率约为 0.6%,相当于每年消失了的雨林面积为 7.3×10^6 hm^2。这是一个掺合了造林和自然再生后的净数字。据联合国粮农组织1981

表 8-3 几个热带森林区中的植物种数

地区	原有森林面积（$\times10^3 hm^2$）	现存原始森林面积（$\times10^3 hm^2$）	原有森林中的植物种数(个)	原有森林中的地方特有种数量及其百分比(%)
马达加斯加	6 200	1 000	6 000	4 900(82)
巴西大西洋森林	100 000	2 000	10 000	5 000(50)
厄瓜多尔西部	2 700	250	10 000	2 500(25)
哥伦比亚乔哥地区	10 000	7 200	10 000	2 500(25)
亚马孙高地西部	10 000	3 500	20 000	5 000(25)
喜马拉雅东部	34 000	5 300	9 000	3 500(39)
马来西亚半岛	12 000	2 600	8 500	2 400(28)
婆罗洲北部	19 000	6 400	9 000	3 500(39)
菲律宾	25 000	800	8 500	3 700(44)
新喀里多尼亚	1 500	150	1580	1 400(89)
总计	220 400	29 200	*	34 400 (13.8)

年推算，如果按此速度，所有郁闭的热带森林将在 177 年内被砍伐干净。据联合国粮农组织与联合国环境规划署共同估计(1982 年)，包括郁闭的和稀疏的热带森林，每年彻底消失的面积为 1.11×10^7 hm^2，每年并另有 10×10^6 hm^2 被严重破坏。不少人认为这是一种太保守的估计。巴西太空研究所报告，1987 年的森林火灾毁灭了 2×10^7 hm^2 的巴西森林，其中包括 8×10^6 hm^2 的原始森林。

物种多样性被破坏，特别是热带雨林植被的被大量破坏，必会大大改变碳、氮等营养元素和微量元素的源、汇分布，使营养元素和微量元素在地球系统中的循环遭到破坏，从而给自然生态系统和人类社会带来巨大影响。

物种多样性及其生境热带雨林遭破坏成为目前最重要的环境问题之一，也是国际社会关心的热点。于是在 1992 年巴西里约热内卢联合国人类环境会议上，与会国家专门签署了一项公约——“联合国生物多样性公约”。此公约与另一项早一个月在纽约签署的“联合国气候变化框架公约”是当前国际环境保护方面最重要的两项公约。可见，这两个环境问题的严重性和解决的迫切性。

在本章中，我们列举的大量事例说明，人类活动，作为“人类-资源系统”的强大扰动因素对这个系统的作用和影响。在十年和百年的时间尺度上，人为扰动的强度和幅度已达到了可与自然扰动相比拟的程度，甚至更强。这一基本科学事实表明，人类既能够通过科学进步，促进社会发展，造福于人类，又能够给自己带来某种危及自身生存的潜在危害。上述事实说明，人类必须节制自身的活动，防止人类活动诱发和加剧对区域和全球环境的破坏，保护人类赖以生存的地球环境——“人类-资源系统”。

第九章　自然资源伦理与感知

人类通过文化的思索来看待其周围世界,这样才把自然界转化为自然资源。价值观、人类社会-经济行为、科学技术等融合在一起构成文化。文化中的各种因素显然有极大差别,它们的融合物也在不同时期和不同地方大异其趣。在人类的文化思索中,由于感知输入和判断输出之间存在一系列模糊的因素,它们取决于经验、想像、幻想和其他源于理性和非理性思索的无形事物。因此,对资源-环境的感应及其心理转换,到决策和行动,并反过来影响资源-环境。人类活动的能力在很大程度上取决于所掌握的有效技术,但在这个驱动力的后面,还隐藏着上述各种因素。一般而言,技术的使用受人类价值观、信仰、伦理、环境感知等因素的支配,人类常常按照他们头脑中关于世界的认识,而不是从客观"科学"信息的眼光来行动。在很多情况里,一定时代的思想意识大气候可以决定某种科学知识的使用或误用。在自然资源利用中,人对自然的态度(即生态伦理)起着重要的的作用。

生态伦理(ecological ethics or environmental ethics)是随着当代资源、环境问题出现而兴起的,但其渊源却可以追溯到历史上的人地关系思想。

第一节　人地关系思想的发展

一、过去的人地关系思想

1. 人类中心论

从古代直到18世纪,某些命题一直统治着西方关于人地关系的思想,这对当代世界文化影响很大。例如,在犹太教和基督教中,一个根深蒂固的思想就是:地球是上帝为人类创造的;或者说是为所有生灵创造的,而人处于所有生灵的顶点。这是进化论和生态学思想产生前,西方人形成整体(holistic)自然概念的一种伟大尝试。在这个思想指导下,所有可能的现象都被纳入人类中心论的范畴,以证明一种统一性和有序性,而这种统一性和有秩性是上帝的成就。

"人类中心论"(anthropocentrism)又称为"人类中心主义"、"人类本位说"。人类中心主义是一种世界观、伦理观。它认为人是宇宙的中心,因而一切以人为中心,或者一切以人为尺度,为人的利益服务,一切从人的利益出发。道德的基础就在于人的利益。这种观点与神学世界观相联系。中世纪神学把人类中心建立在地球中心说的基础上,按照这个理论,地球是宇宙的中心,但世界是上帝为了人而创造的,因而人是宇宙的中心,人可以利用、征服和统治自然界。追溯到古希腊,当时强调人的自由、作用、价值,这是人类中心主义的最早表述,而希腊先哲诸如苏格拉底、柏拉图和亚里士多德,认为公正、智慧、节制等是人必备的品质,人和人之间应以尊敬、正义为原则。道德上的人类中心论始终是一种强

大的主流思潮。

在中国传统文化中，哲学、伦理、天文等受阴阳五行学说影响，形成以人为中心的宇宙一体化理论。阴阳观念起源于《周易》，它用两个符号阳爻(—)和阴爻(- -)表示万事的根本属性，用阳阴变化解释宇宙万物的一切理象和演变的整个宇宙过程，“是故，易有太极，是生两仪，两仪生四象，四象生八卦”[①]。五行说渊源于商代的“五方”说，“五方”中，人所在的地域是“中商”，它与“东土”、“南土”、“西土”、“北土”相并列。在“五方”说的基础上，西周时发展为“五材”即“五行”说，“五行，一曰水，二曰火，三曰木，四曰金，五曰土”[②]。按照传统的观念，上天赐给禹“洪范九畴”以治洪水，治水成功，“彝伦攸叙”[③] 而天下大治。“洪范九畴”以“皇极”(君王的法则)为核心实质象征着人的地位。

在《易经》观念中，人的命运不从属于客观秩序，五行图式中，人已居于宇宙的中心，成为宇宙的主体了。人处于宇宙的中心地位，是向四面八方伸展开去的宇宙整体的出发点。这里显示出人类对自我力量的崇信，象征着人的尊严、奋进和在宇宙中的领导地位。

这种思想虽然在17和18世纪受到一些批判(并不是批判统一性概念，而是批判这种统一性与神创活动的关系)，但它作了一些调整，以至当进化论出现时得以把这种思想纳入进化论的思想体系中。后来出现的生态学，其基本思想是把生态系统看作一个整体，并在其中领悟其有序性。因此有人认为生态学，尤其是人类生态学，是人类中心说的逻辑继承，其中一个重要论题就是“人在自然中的地位”。

反对这种命题的意见则认为不能承认世界是专门为人而创造的，因为人类常常如此的不检点，而且地球上的自然环境显然并非处处适宜于人类居住。持这种观点的人声称：虽然人可能处于一切生命的顶点，但这并不意味着所有的生命都为人而存在并任人宰割。现代的野生动物保护者也是这种思想的一个范例，他们认为：植物和动物都有其生存的权利，而不仅仅是供人类利用。

2. 环境影响论

第二种主要的人地关系思想是关于环境对文化的影响。地理学思想史中曾有过环境决定论、可能论(或然论)、适应论、生态论、环境感知。地理学之外的一些学者也提出了一些有关的理论。

(1) 早期的地理环境决定论。早期的地理环境决定论者，把被神创论和主观唯心论颠倒了的人地关系反正过来，指出不是神或人的精神创造自然，而是地理环境影响着人的体格、气质和精神。古希腊思想家强调气候和海洋对人类的影响，古代中国的思想家则重视水土的作用。历史学之父希罗多德、医学之父希波克拉底、哲学家亚里士多德是气候决定论的代表，例如亚里士多德认为，寒冷地区的民族勇敢无畏，但缺乏智慧和技术；亚洲人很聪明，但缺乏勇敢进取的精神；居住在两者之间的希腊民族兼具两者的优点，所以能自立，而且能够统治其他民族。柏拉图则有海洋决定论思想，他认为海洋使“国民的思想中充满了商人的气质，以及不可靠的、虚伪的性格”。中国古代经典著作《管子》中有这样的阐述：“地者，万物之本原，诸生之根菀也，美、恶、贤、不肖、愚、俊之所生也。……水者，何

① 《周易·系辞上传》。

② 《尚书·洪范》。

③ 彝，常；伦，道；攸，所；叙，定。该句意为“制定经常的道理”。

也？万物之本原也。何以知其然也，夫齐水之道，躁而复，故其民贪粗而好勇；楚之水，淖弱而清，故其民轻果而贼；越之水，浊重而洎，故其民愚嫉而垢；秦之水，泔最而稽，淤滞而杂，故其民贪戾罔而好事；齐晋之水，枯旱而运，淤滞而杂，故其民谄谀葆诈，巧佞而好利；燕之水，萃下而弱，沉滞而杂，故其民愚憨而好贞，轻疾而易死；宋之水，轻劲而清，故其民闲易而好正"(《管子·水地》)。

可见古代思想家重视地理环境的决定作用还仅限于人的生理、性格和气质，具有朴素唯物主义色彩。后来的地理环境决定论者推而广之去解释人类社会及其发展，法国启蒙运动时的政治哲学家孟德斯鸠是这一环节的承上启下者。他在《论法的精神》一书中把地理环境的作用归纳为三种关系：自然条件与人的生理特征的关系，自然条件与人的心理特征的关系，自然条件与法律和国家政体的关系。他认为地理环境，尤其是气候、土壤等，与人的性格、感情有关系，法律应该考虑这种因素。孟德斯鸠以后，地理环境决定论在历史哲学和政治哲学中大行其道，形成历史唯心主义和历史唯物主义两大阵营。

(2) 历史唯心主义的地理环境决定论。历史唯心主义的地理环境决定论者有黑格尔，他将地理环境看作是精神的舞台，是历史的"主要的而且必要的基础"，不同的环境会有不同的历史进程。英国历史学家巴克尔(Buckle)的历史学基本框架是：地理、气候条件影响人的生理，生理差异导致人的不同精神和气质，从而有不同的历史进程。德国地理学家拉采尔受斯宾塞社会及国家有机论的影响，在人地关系的态度上持社会达尔文主义。他认为人是环境的产物，其活动、发展和分布与生物一样都受环境的限制，环境"以盲目的残酷性统治着人类的命运"；他把国家比作有机体，"国家是属于土地的有机体"，与一般有机体一样有生长和老死；一个国家侵占别国领土是它内部生长力的反映，强大的国家为了生存必须要有生长的空间。纳粹德国地缘政治学家豪斯霍费尔把拉采尔"生长的空间"发展为臭名昭著的"生存空间"理论，认为"优等民族"为了发展可以侵犯"劣等民族"。这种唯心史观的地理环境决定论受到广泛的指责。

(3) 历史唯物主义的环境影响论。历史唯物主义非常重视地理环境的作用。马克思指出："任何人类历史的第一个前提无疑是有生命的历史的存在，因此第一个需要确定的基本事实就是这些个人的肉体组织，以及受肉体组织制约的他们与自然界的关系……任何历史记载都应从这些自然基础以及它们在历史进程中的活动而发生的变更出发"。普列汉诺夫则进一步从地理环境影响社会历史的具体方式上阐述其唯物史观，他特别重视"自然界对社会生产力状况，并且通过生产力状况对人类的全部社会关系以及人类的整个思想上层建筑的影响"；"地理环境对于社会人类的影响，是一种可变的量。被地理环境的特征所决定的生产力的发展，增加了人类控制自然的能力，因而使人类对于周围的地理环境发生了一种新的关系"；"自然环境之成为人类历史运动中一个重要因子，并不是由于它对人性的影响，而是由于它对生产力发展的影响"

可见，正是在地理环境以什么途径影响人类社会这个关节上，地理环境决定论中的唯物史观与唯心史观分道扬镳了。唯心史观的地理环境决定论通过种族的生理、心理来解释，而唯物史观的地理环境决定论则诉诸人类社会经济活动，特别是生产力。以人的生理、心理作为人地关系的中介，人是被动的。而以生产力作为人地关系的中介，人就是主动的了。因此人类社会一旦形成，就有了自己的内在发展规律，对一切环境限制和环境变化都会作主动的响应和适应。这无疑是符合历史事实的科学解释，不幸，这一正确的人地

关系思想被与唯心史观的环境决定论“一勺烩”而打入冷宫。尤其在社会主义世界，多年恪守一条不合逻辑的教条：“数万年间几乎仍归不变的现象，决不能成为在那几百年间就发生根本变更的现象发展的主要原因”，地理环境的作用被看成是反动理论，导致地理虚无主义和唯意志论。

(4) 或然论。当地理环境决定论受到广泛批判时，人们就去寻求新理论来解释人地关系。这时在物理学中海森堡提出了测不准原理；随机事件比比皆是，数学中概率论形成了；人地关系思想中也出现了或然论(英文中的 probability 兼有“或然性”和“概率”之意)。法国地理学家维达尔·白兰士认为，自然为人类的居住规定了界限，并提供了可能性；但是人们对这些条件的反应或适应则根据他们自己的传统和生活方式而不同。人类生活方式不完全是环境统治的产物，而是各种因素(社会的、历史的和心理的)复合体。同样的环境可以产生不同的生活方式，环境包含许多可能性，对它们的利用完全取决于人类的选择能力。维达尔的学生让·白吕纳进一步指出：“自然是固定的，人文是无定的，两者之间的关系常随时代而变化”。法国历史学家吕西安·费弗尔称这种理论为“或然论”，并用一句被常引用的话表达之：“世界并无必然，到处都存在着或然。人类作为机遇的主人，正是利用机遇的评判员”。

或然论对人地关系的解释是不彻底的，它提出一个“心理因素”来作为地理环境与人类社会之间的中介。白吕纳认为，心理因素是地理事实的源泉，是人类与自然的媒介和一切行为的指导者。“心理因素是随不同社会和时代而变迁的；人们可以按心理的动力在同一自然环境内不断创造出不同的人生事实”。那么人们不禁要问：如何解释心理因素呢？如果心理因素是最终原因，必然走向唯意志论；如果心理因素的原因仍要到地理环境中去寻觅，则又回到唯心史观的地理环境决定论去了。或然论仍旧未摆脱把人地关系看成是因果链的思想怪圈。

马尔萨斯的学说其实隐含地持有一种环境决定论立场，其基本立论依据就是：文化总是环境限制的必然结果。马尔萨斯认为，人口增长总是超过生存资料的增长；由于环境的限制，人类社会不可能达到人们所期望的那种潜在完美状态。

3. 文化决定论

第三种主要的人地关系思想是所谓改造论或文化决定论。从某种形式上看，如果说马尔萨斯开当代悲观派的先河的话；那么文化决定论就是当代乐观派的前驱。

古代的文化决定论仍带有神学色彩，它认为人的技能最终可接近完成上帝的未尽事业，把地球改造得更适合人类居住；人为自然带来秩序，人是自然的管理者。

人类可以战胜自然的思想可以在古代思想家那里找到其渊源，例如荀子“制天命而用之”的观点；《圣经》中关于神为人创造天地，人利用万物、主宰和统治万物的表述。近代英国哲学家培根和洛克更进一步把这种思想推向轰轰烈烈的实践。培根的名言“知识就是力量”鼓舞着人类向大自然开战，他认为人类为了统治自然需要认识自然，科学的真正目的就是认识自然的奥秘，从而找到征服自然的途径。洛克则指出：“对自然的否定就是通往幸福之路”。整个科学技术的发展就是一部人类不断深入广泛地认识、利用和改造自然的历史，整个人类生产力的发展就是不断应用科学技术向大自然进攻的历史。到了 20 世纪，工业社会的科学技术和生产力发展到如此辉煌的程度，以至几乎没有什么自然条件可

以阻挡人们为满足自己不断增长的需要而去向地球索取。于是，征服自然论胜极一时。

不言而喻，这种思想及其实践对于人类社会的发展起了伟大的促进作用，而科学技术本身无论在过去、现在和将来都是协调人地关系的重要手段。但若把征服自然论发展到极至，而不用适当的观念形态来指导科学技术的指向和应用，则会导致滥用自然并最终受到大自然的报复。历史上由于无节制地向自然索取导致自然环境退化，从而使一度辉煌的文明沦落到消亡的例子并不鲜见。每一个发达国家在经济发展史上几乎都经历了违反自然规律、掠夺式地开发自然资源、污染环境，从而引起严重环境问题，又反作用于人类，影响人类的生存和发展的阶段。而当代人类面临的资源枯竭、环境退化、人口膨胀等全球性问题，应当说也与这种观念不无关系。人们长期以来一直忘记了地球只给予人类用益权[①] 而不是消耗权，也没有给予乱排放废物的权利。

文化决定论受到一些学者的批评。美国地理学者和外交家马什（George Perkins Marsh，1801—1882）的《人与自然：人类活动改变了的自然地理》一书，主要从"地"（马尔萨斯是从"人"）这个角度来看人地关系。他指出：人类活动并非完全对环境有害，例如改良土壤、排干沼泽都更有利于人类生活。他还认为：在很多情况下，环境变迁是一种地质事实，与人的活动关系不大。但他这本书最有影响的部分是，谴责滥用自然所导致的土壤侵蚀、淤积和其他退化过程。所以西方学者认为，当代普遍关注人类技术开发自然资源给环境带来的破坏性效应，马什是这种关注的精神先驱。我们比较熟悉恩格斯的有关论述："我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。每一次胜利，在第一步都确实取得了我们预期的效果，但是在第二步和第三步却有了完全不同的、出乎预料的影响，常常把第一个结果又取消了"。[②] 但恩格斯的这部分论述写于 1876 年，首次发表于 1896 年。而马什的那本书发表于 1864 年。所以说马什是这种思想的祖先是有根据的。

二、近现代的人地关系反思

19 世纪工业革命后，整个人地关系面貌完全改观，但关于人在自然界中的地位，关于人对自然的征服和改造等论题仍然十分盛行。西方工业化过程中，人类技术和生产力强大到如此程度，以至给人以无所不能的印象，在改变自然、消耗自然资源和污染环境方面都达到了前所未有的程度。这样，关于人在自然界中的地位，有了更多的争论。

20 世纪城市化的扩展使人和自然明显分离开来。人再也不属于任何自然要素，人与自然已成一种敌对关系，人侵略性地对待自然，把自然当作一个大仓库，只顾在里面索取。同时，技术的不断发明和应用又使自然资源似乎变得取之不尽。因为人们不断掌握获取自然资源的新手段，并且不断开辟出物质产品的新市场，二者相互促进。

在这种历史背景下，关于人与自然的关系，19 世纪以后又产生了一些新观点。例如，马克思及其后来的追随者们认为，在合理的社会制度下，自然资源应该是丰饶的。众所周知，马克思反对马尔萨斯的观点，虽然当代一些新马克思主义者也企图调和马克思与马尔

① usufruct，法律术语，在不损害产业的条件下使用他人产业并享受其收益的权利。
② 恩格斯，自然辩证法，人民出版社，1971，158。

萨斯之间的冲突。总的说来,马克思主义经济学比较忽视自然界对人类发展的限制,而马克思主义哲学(历史唯物主义和自然辩证法)则充分注意到地理环境的作用和人类对自然界的影响。

认为自然界并未强加任何限制于人类的观点直到现在仍有市场。某些政治家高度评价人口增长的作用,因为人口增长促进革新和社会进步,众多的人口可使规模经济能够实现,他认为地球可以养活比目前多得多的人口。但他没有考虑这样作将对环境带来什么后果,因此受到人们的批判(Simon,1981)。批判他的人指出,他只选择那些人口增长和经济增长的有利方面作论据,这就失之偏颇。另一些政治家认为,只有不断的增长能创造出足够的财富来治理工业化对环境造成的恶果;降低经济增长速度的观点是中产阶级的势利性造成的,他们企图阻止工人获得应有的财富。

战后社会主义国家中,人们普遍认为人是自然的主人,强调改造自然,虽然取得了一些重大经济成就,但造成了一些环境问题。中国传统思想中是提倡人与自然和谐的,即所谓"天人合一"。而新中国建立后由于大规模经济建设的需要,必须提倡战胜大自然以鼓舞人们的斗志,所以抛弃了"天人合一"的思想传统。段义孚甚至认为,即使在古代中国,由于哲学家与农民互不相干,"天人合一"的思想在生产实践中也没有真正实行过。

很多人认为这种人类主宰自然界的思想表明了人的异化。人本来是自然界的一部分,现在却与自然界对立,所以叫异化。反对异化的一些西方人提出所谓"退出习俗社会"和"替代社会"的概念,有些人甚至付诸实践,他们倡导回到老式的,以土地为本的自给自足生活方式上。还有人认为科学的异化也正在发生,科学本来是为了造福人类而产生,但由于科学家不能控制他们的发明和发现,就造成了各种各样的灾难(如原子弹、核泄漏、细菌战等)。人口膨胀以及人类对待地球的态度将使人类加速灭亡,导致灭亡的原因有饥荒、核战争、整个环境中的有毒化合物以及资源耗竭。

1972 年联合国在斯德哥尔摩召开了人类环境会议,会后发表了著名的《只有一个地球》,指出迫在眉睫的环境危机。此书指明的问题得到全世界的响应。

三、人地关系和谐论

上述各种观点的形式,与当时的历史背景、当地的人地状况以及思想意识传统都是分不开的,现在很难评价其是非。对于现代人类来说,最好少把地球看成一套供人使用的商品,而多把它看成一个与人不分离的共同体。这种态度意味着抛弃传统的人地观,尤其要抛弃那些人类中心论的宗教信条。为此需要某种思想变革,尤其需要认识到人类作为一个物种,其生存离不开非人类的过程。为了人类的生存,我们必须管理好地球。为此既不能放弃现代技术而倒退到田园诗时代,又要对人为的、机器盛行的系统与生物环境系统之间的关系有一种深刻的认识,并走上一条使人与自然达到稳定共存的途径。

人类保护自然其实是出于保护自己的目的,保护自然才能维持人类千秋万代的生存需要和发展基础。所以当世界环境与发展委员会正式提出"满足当代需求又不损害后代满足其未来需求的能力"的"持续发展"口号后,立即被全世界普遍接受和响应。持续发展包括工程技术、制度体系、观念形态三个层次,这里只涉及最后一个层次。持续发展的观念就是"促进人类之间、人类与自然之间的和谐"这就把人地关系思想中的"和谐论"推向

了全社会。

和谐论摆脱了以往人地关系思想中把人和地简化为因果链的两端，纠缠于谁决定谁的思想怪圈。协调论认为人地关系是一个复杂的巨系统，它与所有系统一样服从以下规律：

①系统内部各因素相互作用；

②系统对立统一的双方中，任一方不能脱离另一方而孤立存在；

③系统的任何一个成分不可无限制地发展，其生存与繁荣不能以过分损害另一方为代价，否则自己也就会失去存在条件。

因此人与自然应该"互惠共生"，"只有当人类的行为促进了人与自然的和谐、完整时才是正确的"，"维持生态系统就是维持人类自身，因而人类自身的道德规定就扩展到包容生态系统"。在促进整个人地系统和谐、完整的同时，也就促进了该系统各组成部分的发展和完善。原苏联生态哲学家马克西莫夫指出："人过去在改造，现在仍在改造自然。但是，技术圈不应当去毁坏而应当遵循生物圈的组织原则，补充生物圈，并作为统一的运动体系中的组成部分与之相互作用。形成这种技术圈与生物圈的共生现象，可以说是一种本质上崭新的全球共识，同时也是科学技术进步的新阶段。"

第二节　生态伦理

人地关系协调论体现了一个重要的思想，即要把人的行为准则和道德规范从人与人的社会关系领域扩张到人与自然生态关系的领域。这个思想引发了人们在自然资源开发利用和环境保护方面更深层的哲学思考，出现了生态伦理学。

一、人类中心主义反思

在生态伦理学的建立过程中，作为对传统伦理观的反思，人类中心主义受到较多争议。

随着哲学和科学的发展，人类中心论有了理性的基础，发展为人统治自然的思想和实践，建立了以人为中心的哲学体系、科学知识体系和伦理体系，乃至成为整个人类社会的生产方式和生活方式。"人的实践正是从把自己的特征投射到整个世界中开始的。这使世界相当地集中于人类，并以与人类的关系去评价世界。"因此，人类中心论是迄今为止人类全部成果，包括物质成就以及科学和文化等精神成就的思想基础，也是我们面临的困难和问题的思想根源。

1. 人类中心主义的合理性

人类中心主义伦理观作为历史的观念形态，有三个方面的合理性。

第一，自然存在基础的合理性。人以及地球上的所有物种都以自我为中心的，或者说，所有生物都有天然的利己性。但是，动物中也广泛存在利他的行为，这种利他行为仅存在于种内，有些个体为了保存种的遗传基因甚至可以作出自我牺牲。这种利己性和利他性，对于种的存在、延续是合理的。

第二,物质圈层演化规律的合理性。物质形态演化的规律是:物质形态由低级到高级、由简单到复杂。人的个体结构是物质演化的最高形式,人的群体(人类社会)则是物质演化的最高成就。人的肉体器官(肉体工具)延伸的空间尺度是难以确定的,因为人自身潜力的发挥目前尚无法估量。天、地、人形成一演化巨系统,其形式不仅是递进的,而且呈螺旋式扩延。

第三,人类存在的价值基础的合理性。存在并且意识到存在价值的,惟有人类。人类中心论的价值意识说到底是对人类利益的关心。就对自然界的态度而言,它表现为为了人的利益改变自然和利用自然以满足自己生存和发展的需要。正是基于对人类价值和人类能力的这种理解,在人类中心论思想的指导下,发挥了人的巨大创造力,人在改变自然界的同时,也改变着自身,成为自然的主人。

但是,"对于每一次这样的胜利,自然界都报复了我们"。尤其是工业化以来,全球性的环境污染和生态破坏的严峻现实表明,工业社会在解决一些老问题的同时,会带来一整套"新的匮乏"和一系列"新的问题"。遵循人类中心论的思想,不仅没有使人对自然界取得完全的自由,而且使人类的生存受到威胁。人类中心主义的局限性逐渐显现出来,生态伦理学正是对人类中心主义的突破。

2. 人类中心主义的生态伦理

人类中心主义中也有生态伦理的思考,例如,赫胥黎(Thomas Huxley, 1894)在其《进化论与伦理学》一书中指出:有肉体、智力和道德观念的人,就好像最没有价值的杂草一样,既是自然界的一部分,又纯粹是宇宙过程的产物。他企图澄清人们对"适者生存"的错误理解:"适者"含有"最好"的意思,而"最好"带有一种道德的意味……社会进展意味着对宇宙过程每一步的抑制,并代之以另一种可以称为伦理的过程;这个过程的结局,并不是那些碰巧最适应已有全部环境的人得以生存,而是那些伦理上最优秀的人得以继续生存……伦理上最好的东西(即所谓善或美德)……要求用"自我约束"来代替无情的"自行其是"。

人类中心主义的生态伦理认为:人对环境问题和生境破坏负有道德责任,主要来源于对自身生存和社会发展以及子孙后代利益的关心。人保护自然出于保护自己的目的,人对自然做了什么,通过环境后果也就等于对自己做了什么。

考察上述伦理,严格意义上说并不是真正的生态伦理学,因为:

(1) 只是社会伦理在人与自然关系中的应用,而没有改变其结构和理论内核,也不能成为独立的新学科;

(2) 没有真正借助生态学规律,没有真正发掘并辨识出自然界的内在价值;

(3) 它以人类利益或整体人类利益作为立论的出发点和最终根据,尽管也能间接起保护自然的作用,但其理论是不彻底的。

二、生态伦理学

1. 生态伦理学的出现

人类中心主义生态伦理是社会伦理在人与自然关系中的应用。这种伦理在调节人

与自然关系中具有易于人们接受、朴素直观的特点。但是，生态伦理学认为，作为一门新的学科，如果只停留在人类中心伦理范围，只关注人类的利益，那显然是不够的。于是，人们开始了更深层的思考。

在道德哲学领域，传统“科学哲学和语言哲学研究的进展使道德理论黯然失色”，生态伦理、环境道德等的兴起，以及人类对有关问题的关注，推动了道德哲学的复兴，使之成为“哲学探索中最活跃、最诱人的分支之一”。20世纪二三十年代，少数思想家和实际工作者，从自然资源破坏和环境污染的现实中思考人的价值、人与自然的关系，当时没有引起社会重视。直到70至80年代，西方学术界关于“是否存在生态伦理学”的讨论，才意识到先驱者的工作已使科学意识产生了某种跃进。

环境学领域也经历着同样的转折。传统的那种从生态规律出发，看待生态价值的自然科学思维方式，无法确定我们所依从的对象的正当价值。哲学价值思维与自然科学思考的互相渗透，在环境生态的道德思考中，成为研究视角转换的标志。在认识论层次，纯粹理论性向实践理性转换，即生态学知识转化为生态道德规范；在价值论层次，人类活动的外在取向向内在取向的转换，通过对客观规律与人自身需要的认识，制定人类活动的合理性的规范；在逻辑层次，命题向规范转换，科学命题（有关生态规律的知识）通过它对人的普遍意义（价值）与普遍道义结合起来，从而产生生态道德规范。美国环境保护主义先驱、大地伦理学的创始者奥尔多·利奥波德（Aldo Leopold, 1887—1948年）的《大地伦理学》（1933年）一书，提出需要改变流行的价值哲学，用全新的价值观重建人类理性的大厦，把道德的关怀扩充到动物、植物、土壤、水域和其他自然界的实体。生态学家罗尔斯顿（Holmes Rolston）《哲学走向原野》一书，主要从生态规律转换为道德义务的必要性，论证生态伦理的合理性。人道主义者、和平主义者施韦兹认为“尊重生命就是伦理学最有效的基础”。这些观点被认为是在环境领域内拓宽了道德研究的范围，实现了伦理观念的变革。

2．生态伦理学的基本思想

生态伦理学，又称环境伦理学或环境哲学，它从生态道德关系的角度承担协调人与自然关系的任务。以往的哲学或伦理学主要是人类社会的哲学或伦理学，关于自然界生态的哲学和伦理学几乎是空白。生态伦理学提倡对自然界生态系统、对动植物种的关注，并以人与自然协同进化作为该学科确立的出发点和最终目的。因此，需要把价值、权力和利益的概念扩大到非人类自然界及其过程，不但要承认人的价值、权力和利益，而且也要承认自然界的内在价值、权利和利益，也就是在人与自然的生存和发展层次上，承认自然与人类的平等关系，以及承认当代人与未来人在共享基本生态资源方面的平等关系。这就需要引入一系列新的伦理范畴，如生态意识、生态道德、生态利益和生态价值等。

生态伦理学实质上改变以往的哲学和伦理学只关心人类，只对人类尽义务和职责的状况，并作为与社会伦理学既相联系又相区别的独立学科，把动物、植物和其他自然界以及未来人类纳入道德考虑的范围，提出对动物、植物、自然界以及未来人类尽义务和责任的问题。生态伦理学的创立，可以说是一场哲学观念的革命。

利奥波德指出：“大地伦理学扩大社会的边界，包括土壤、水域、植物和动物或它们的集合：大地”。他还指出：“大地伦理学改变人类的地位，从他是大地-社会的征服者转变到

他是其中的普通一员和公民。这意味着人类应尊重他的生物同伴而且也以同样的态度尊重大地社会。”

在利奥波德看来，人类确实具有其他生物所不具备的辨识能力和创造性潜力，但是人类的能力不仅表现在能动认识人类利益的高低，更重要的是，应该体现在能动认识到非人类动植物和自然界的价值、利益和权力。“在人类历史上，我们已经懂得（我希望懂得），征服者的任务最终是征服自己。”人类过去、现在和未来永远是自然界不可分割的组成部分，尽管人类创造了高度发达的技术及其人造设施，但这绝不意味着背离自然而去，可以脱离自然，相反，人类之根正在越来越深地植入自然之中。

3. 生态伦理学的科学基础

生态伦理学不同于社会伦理学，它的信念、态度和规范的确立依赖于对自然界整体的看法和对人在自然界中的地位的认识，这是生态伦理学的科学基础。

我们所面对的自然界是指我们和其他生物共同居住的生物圈。我们与其他生物以及与自然生物圈的关系是协同的。我们提出以人与自然协同发展作为生态伦理学的出发点和最终目的，是基于对人与自然整体性关系的深入认识，主动地寻求文化转变的动机。从哲学的角度，是对人类自发的干预自然的行为进行反思所得出的必然结论，改变了以往看待世界的参考系。从科学的角度，人与自然协同发展是“整体决定并支配其部分”原理在协调人与自然关系中的应用。因此，人与自然协同发展是指人类能从自然整体与部分的关系获取“协同信息”，并作为一种道德责任协调人与自然的生存和发展。

人与自然协同发展，还是由生态伦理学的任务所决定的。生态伦理学的任务之一，就是探索并发现既“有益于人类生存”又“促进自然生态平衡”的生态道德关系，唤醒人们对维持生存的那些最基本的整体生态关系的高度重视。如清新的空气，新鲜的淡水以及适度的阳光通量，适宜的气候、温度和湿度等。而且不仅如此，还要进一步揭示生物圈与人类和其他生物的整体关系，真正尊重这些整体关系，并升华为生态意识，转变为生态道德感情，逐渐形成尊重自然、热爱自然的个性和习惯。因此，生态伦理学高举人与自然协同进化的大旗，开拓了新的认识境界和研究领域，同时，也建立了自己的科学根基。

（1）自然界是一个有机整体

这种自然观，早在1923年莱奥波尔德就从生态学的角度探讨过，他写道：“至少把土壤、高山、河流、大气圈等地球的组成部分，看作地球的器官的零部件或动作协调的器官整体。……我们尊重它们，不仅在于把它视为人类有用的工具，而且应视为一种活着的存在。”生态科学的现代发展已经对自然生物圈的有机体属性作出了系统的概括。具体有四方面：

① 整体性。生物圈是由人类和其他生物群落以及自然环境系统组成的统一体，任何事物都处在相互依存、相互作用中。人与其他生物都占有确定的生态位。其中物质和能量在“食物网”和自然环境之间进行循环和有序流动，保持生命的存在条件和自然过程的良性运转。某一点的改变能传递很远并引起一系列反应。

② 稳定性。人类与其他生物的相互作用不断地通过生物圈的整体进行着物质、能量和信息的交换，形成涨落和自组织，并通过各种负反馈环节实现生物圈整体结构和功能上的有序和稳定。整体结构要素的复杂多样性支持并决定整体系统的稳定性。生物多样性

是保持生物圈稳定性的关键。

③ 有限性。生物圈内各子系统受到整体关系的制约，使各子系统具有"协同性质"，绝不会出现或不允许出现任何种群的无限增长，自然环境也不可能无限的开发和利用，具有一定的承载阈限。在生物圈自然阈限范围内，对冲击和子系统的波动具有调节、修补和自我更新的能力，但超过阈限就会破坏"协同性质"，导致整体结构和功能的紊乱，甚至危及生命的存在。

④ 时滞性。生物圈是由众多的生物和非生物因素组成的多层次且具有高度复杂关系的立体网络。各因素之间的协同作用使整体具有较强的抗冲击、抗波动性，表现出一定的耐力，即使已造成某些因素的破缺，但在整体上也不会有迅速反映，可能在时间和空间上延续传递，引起长远的后果。通常这些长远的后果都是不可逆的。

地球有机体正是具有这些属性，才体现出活着的存在，也正是这些属性才孕育了生命并形成自我保护的功能，随后生物和人类才得以繁衍。然而，当代人类为了自身利益不顾或忽视这些属性，把地球看成僵滞的资源，酿成生态危机，现在已经濒临这样一种程度，即地球维持生命存在的自我保护功能正在消失，这不仅危及到人类，而且也危及到其他生物和生物圈的完善和健康。显然，作为后来者的人类，与地球的关系是伦理关系。生态伦理学的确立，就是要学习大自然的智慧，并对地球有机体的属性抱以尊重。

(2) 自然界的一切事物都有目的性和不以人的意志为转移的客观规律

目的性是一个在哲学、神学、生物学领域很有争议的概念，随着现代控制论和生物学的发展已经能对这个概念作出分门别类的解释。维纳把宇宙中的目的性分为三类：

① 人类的目的性，它是人类自觉的或有意识的、有计划的追求或行为。

② 动、植物的目的性，它是生物有机体对外界环境的一种适应性，一种本能。

③ 无机自然界的目的性，这是在反馈机制的作用下或协和力的作用下，维持或趋向一种特定的稳定性。现代生物史学家迈尔认为，无机自然界的目的性是严格按照物理定律活动的结果。显然，维纳是按照事物的各类本性划分的目的性，这是认识自然界事物目的性的一种方式。

现代生态科学的发展为我们提供了一种新的思维方式，即机能整体思维方式，它能够以另一种认识模式，对自然界的目的性分门别类。即按照自然界事物在各类关系中是目的还是手段，是原因还是结果来划分。可以把自然界事物的目的性分为两大性：①事物的内在目的性。这"就是事物自身同时是原因，又是结果，同时是目的，又是手段"的情况。②外在目的性。这"是把目的放在自然事物之外的"情况。这两类目的性，在生物圈中是普遍存在的。个体有机体、个体生物都有内在目的性。因为在生物圈中，它们被维系在食物链网上，物种之间形成竞争、偏害、寄生、捕食、偏利和互利共生等关系。任一物种都为了自身的生存(目的)，同时它的存在也是其他生物的手段；生物群落、生态系统、生物圈都有内在目的性，通常它们有维持稳态的能力(目的)，也是保持上一层次系统的手段。无机环境系统通常只有外在目的性，因为它的存在是它物的结果，它是为了它物或说它是它物的手段。如一堆沙子具有力学性质，这谈不上沙子为自身存在，沙子最有可能的利用方式是作为建筑材料。再如一部机器，它严格按程序运转，但机器只有外在目的性，因为它是人设计、制造的(他因)，机器又是为人民服务或为人工作的。

这种按照自然事物在各类关系中的分类方法，为深入认识生态关系中的目的性提供

了有效的手段。在生物圈的时空范围,各种植物、各种动物、各种微生物与自然环境共同编织成一种相互联系、协同进化的立体交叉网络,保持着生物圈的生态平衡。它们具有内在目的性和不可替代的内在价值。

(3) 自然界中没有等级差别

自然界花草树木、虫鱼鸟兽、山川河流,千姿百态,气象万千,它们都是自然界整体功能的有机组成部分,正是自然界的多样性导致了整体系统的稳定性。这些不同的自然事物在自然界中都占有平等的地位,没有等级差别。在人与自然的整体关系中,人与其他生物也是平等的,并没有高贵和低贱之分。当然我们并不否认人类有理性、有文化特征等,但是动物也有特性,如虎豹的勇猛、鹰击长空、鱼翔浅底等。这是从各自所具有的特长作评价的结果。我们习惯了人类中心主义的思考方式,说动物是低等动物,讲人类有更高的价值,如果动物能说话的话,一定也会说它们如何高贵,有人所不及的本领,因此它们也有很高的价值。显然,从人类中心主义或从生物中心主义都不可能有客观的结论。

在生物圈系统中,人既是一个杂食性消费者(动物)也是协调生产者(植物)-消费者(动物)-分解者(微生物)与环境关系的调控者。从生物圈机能整体性标准评价人与其他生物的地位高低,那么会得出什么结论呢?我们认为人和其他生物都是生物圈整体系统中不可缺少的重要组成部分,他(它)们都有其独特的属性、本领或功能。这些不同的属性、本领或功能,原来是生物圈的机能整体功能、属性的一部分,是由生物圈整体结构关系决定和支配的。因此,人类和其他生物的特征和功能,并不是显示他(它)们高低或贵贱的标志,也不是以他(它)为中心的根据,而只是为实现生物圈的系统完善和健全而自然形成的具体分工和协同。在这个意义上,类似于人体与各器官的关系,人体的大脑和神经系统是人体的调控者,其地位是与其他器官如心脏、肝、肺等同样重要的,其作用的发挥既依赖于人体的状况,也依赖于其他器官的协同。因此,人类作为生物圈的调控者与其他各组成部分在实现系统整体良性运转过程中是同等重要的,具有同样的价值。

每一物种只占有一个生态位,不存在两个物种占有一个生态位的情况。根据这个事实我们推断,生物圈已经对各物种作了分工,明确规定:物种的地位平等,作用是协同的。

(4) 人是生物共同体中的普通一员

我们与其他动植物共享地球,并与地球有一种共同的关系,充分认识到这个关系,能使我们确立起与地球和其他生物相伴的观念。我们是生物中的成员,但是我们更愿意突出和显示人的社会文化特点。然而,当代全球生态危机对我们不顾自己的生物属性敲起警钟时,再一次暗示:人与自然相互依存的基本层次是生物学层次,人与自然相互作用的基本层次也是生物学层次。我们必须认识到,我们科学技术再发达也不能改变我们与其他生物一样的生物属性,相反,引发的生态恶果有可能使我们和其他生物一块灭绝。我们必须正视这样的事实:①我们和其他生物必定都有一定的生物和物理要求;②我们和其他生物各自善的实现,是由生物圈的整体结构关系决定和支配的;③生物学、生态学和生物进化论,在物种层次,既能为人类也能为非人类生命形式的存在提供统一的解释;④在地球几十亿年的漫长进化中,没有其他生物存在时,不会产生人类,而没有人类存在时,其他生物就存在了。人类不仅是自然界的“照相机”,而且本身就是自然界大家庭的生物兄弟。

4. 生态伦理学的价值取向

人类中心主义生态伦理学，只是把人类需要和利益当作人与自然道德关系评价的参照系，因此，认为自然界没有独立于人类的内在价值，只有工具价值，人类对自然的义务和责任也只是间接的，是从对人类的义务和责任转变过来的。而坚持人与自然协同进化的生态伦理学认为，对待地球上的动、植物的义务和责任，是来自我们人类和自然之间所发生的特定的道德关系。任何生物都有内在价值，这种价值只有它处在地球生物群落成员的分工协同中才能发现。这种价值并不源于对人类显在或潜在的用途，也不来源于人类美感的享受或研究的兴趣等。

人与自然协同进化的生态伦理学开辟了一条新路，相信我们对人类承担义务外，也对野生生物、自然环境和生物圈承担义务，但这并不是说它们能行使道德权利，因为只有人类才有这样的能力。我们对非人类生命形式的义务是根据它们具有内在价值的本质身份，它们确实有固定于生物圈整体结构关系中的属于它们自己的价值，它们将寻求促进并保护它们自己的善。正像人类被尊重一样，它们也应被尊重，以保持人与自然协同进化。生态伦理学的科学基础为此提供了立论支柱。

人类的生物本性和文化属性，决定了我们既是生物共同体中的普通一员，也是自然界有机体中的调控器官，肩负着人与自然协同进化的道德代理人的职责。我们必须研究怎样生存，不仅应该坚持推进人类文明的选择方式，而且也应该坚持有助于生物圈整体的健康和完善的选择，进而限定和推进我们与自然的和谐关系，实现人与自然的协同进化。那么我们怎样具体细化人与自然协同进化的价值取向呢？

协调人与自然的关系必须把人类社会的概念扩展到包括动物、植物、土壤、水域等的整个大地。使人类置于生物圈有机体的分工和协作中，既考虑生物进化的底层和高层的目的和需要，也考虑现存发展中生物圈的结构、功能与人类社会发展的关系。总的价值倾向是：

①要考虑人的社会需要和有机体的目的，“需要”的平衡，不仅涉及人与人(社会)的关系，也涉及人与有机体、有机体之间与环境的关系。即尊重生命社会，同时也要改善人类生活质量。遵循人的生存利益高于其他物种的非生存利益，其他物种的生存利益高于人的非生存利益原则。

②要保护地球有机体的活力和多样性。即保护生命支持系统，保持生物多样性；保持永续地利用可再生的资源。

③要最低限度的耗用不可更新的资源。

④要使人类的活动保持在地球生物圈承受限度之内。

⑤要考虑人与物种的关系，保护物种的存在，要求人们依据人类－大地－物种的三角关系整体综合考虑。遵循物种与其栖息地同等重要；物种质的价值高于个体量的价值。要考虑人与生物群落的关系。遵循“一切事情有助于保持生物群落的完整、稳定和美丽时，它就是正确的，否则就是错误的”准则。

⑥要考虑当代人与未来人的关系，把人类的近期利益扩展到长远利益，对当代人与未来人在最基本的生存需要、社会需要方面作出平衡。当代人的利益与未来人的利益同等重要。

⑦共同的利益、价值和权力是保持人与自然协同进化。在人类历史上，从来没有像今天这样迫切的需要在国际环境治理方面展开全球合作；从来也没有像今天这样，提倡珍惜生命，关心地球。因此，人类面临着双重的任务。即关心、保护人类的整体长远利益的同时，也必须对其他生物和整个地球生态系统的健康和完善竭尽义务和责任。

第三节　人地和谐论与人类发展

生态伦理学不是以人的利益为惟一的尺度，它重视人类利益，但它以人与自然的和谐发展为尺度，因此，人地和谐和人类发展是生态伦理学的出发点和归宿。

一、人地和谐论的基础：大自然观

当代科学技术革命的洪流，把自然观这个概念磨练得更加清晰、更加精炼了。人的主体性能力即人类认识自然和改造自然的能力达到了一个新的高度。我们必须拓宽自然观的视野，建立全新的大自然观并使之成为人地和谐论的基础。

传统的自然观把自然界看成是纯客体性事物的集合，似乎客体的一切性质都可以独立于主体而存在。其实，凡是我们在经验中直接感知到的东西，都是自在客体与认识主体相互作用的结果，而不是自在客体本身的东西。我们不能离开人的生物学存在，不能离开人的认识和实践活动来谈论纯粹客体的世界。从人与自然关系的角度看自然界，大自然观认为：

①由于人的实践活动的介入，自然界分裂为两个世界，可见可道的实存性世界和不可见不可道的潜存世界。前者是由人的实践和外在环境所定域的那个方面，后者则是潜在的蕴含着无限多的可能性方面。只要具备一定的条件，它们会实现为一个实存性的世界。

②自然客体由一种实存状态到另一实存状态的过渡是连续的、必然的过程，这种决定论仅是一种特例。某种实存状态的出现和由一种实存状态到另一种实存状态的过渡，是潜存世界中某一种成分在一定条件下的凸现，或在条件变化时另一种潜存状态的实存化。因此，新自然观不仅拓展了决定论的范围，而且把条件选择的因素引入决定论。由于许多条件可以由人来选择、调节和控制，于是人的实践活动和人的主观能动性便切入到自然界的运动变化之中。

③人类社会是自然界的一部分。正如马克思所说，“历史本身是自然的即自然界成为人这一过程的一个现实部分”。主体性的因素存在于自然界之中，一部人类社会发展史，也就是一部特殊的自然系统发展史。在这部发展史中，社会系统作为自然系统进化的高级阶段，它的本性是自然的，它的存在和发展的基础和前提是自然界，它必须服从于自然界发展的一般规律。作为特殊的自然系统，社会系统又有自己独特的系统新质——社会性。它是社会之所以能够称得上是社会的内在根据，也是社会系统独立于自然系统之外的根本原因。

④基于以上三方面，自然界不是人类单纯索取的对象，做到人、自然与社会的协调发展，就要在理论上和实践上批判旧自然观把人与自然相对立所导致的失误，使人类的发展建立在更加坚实可靠的基础上。

20世纪以来科学技术的蓬勃发展大大深化和丰富了大自然观。作为现代物理学两大支柱的相对论和量子力学,对大自然观的确立起了决定性作用。相对论给人们的启示是:我们所观测到的自然界客体的运动状态,依赖于观察者所处的参考系;我们所观察到的微观过程所特有的现象,已经不是微观客体本身的现象,而是由人所制造出来的仪器与之相互作用的产物。人不再是自然现象以外的独立观察者,而是作为自然界的一部分参与到自然现象中去。由此可以认为,科学只能在相对的意义上告诉我们,自然界本身是什么样子,就是说,我们能够把握的只是在人的干预之下的自然界,因此,人与自然和谐的问题就可以在新的大自然观基础上加以思考、解决。

二、人地和谐论的基本观点

1. 环境整体主义

它是生态学的整体性观点在环境问题上的应用。按照整体主义观点,事物是有机整体,它虽然由其组成部分构成,但不是它的组成部分的机械的总和,其组成部分的特征不能对整体作出说明,也就是说整体大于部分之和。人与自然构成有机统一整体,其中各种因素相互联系、相互作用、相互依赖,表现了它的和谐性、有序性和生动性等特征。依据这种观点,大地伦理学把人与自然共同体作为道德对象的范围,人只是其中普通一员,从而提出人与自然关系的道德原则和行为规范,把人与自然协调发展作为道德目标。因而,生态系统整体性观点,既是大地伦理学的方法论基础,又是它的科学基础,在这个意义上,大地伦理学是环境整体主义的道德哲学。

环境整体主义主要有价值论和道义论。价值论整体主义认为,对整个生态系统有贡献是价值的一个来源。道义论的整体主义认为,道德义务和道德立场是从作为生物圈共同体一分子中获得的,对整个自然系统的义务是道德义务的一个方面,人对之尽道德义务的对象只能是整体。

2. 地球共同体

人类作为"地球共同体"的一个成员,生活在自然之中,要关心自然,热爱自然,尊重自然,只有这样才能发挥人类自身的创造性。因此,地球共同体观点认为要建立新的伦理学原则,一方面应当承认人类利益,用全人类道德原则,即人道主义原则处理人与人之间的关系,在全人类利益原则的基础上,谋求世界各国人民的共同繁荣;另一方面,应当承认地球生命的生存权利,尊重生命和自然界,用人与自然相统一的价值观念来处理人与自然的关系,谋求人与自然的共同繁荣。马克思认为,共产主义的人道主义最高理想是人与自然的融合。他说:"……共产主义,作为未完成的人道主义,等于人道主义;而作为完成了的人道主义,等于自然主义。它是人和自然之间、人和人之间的矛盾的真正解决,是存在和本质、对象化和自我确证、自由和必然、个体和类之间的斗争的真正解决。"在这里,首要理想是世界经济系统与全球自然生态系统的和谐与共同进化。

3. 生命系统观

生命创造并维持地球表面适于生物生存,而不仅是地球环境决定生命存在。盖娅

(Gaia)假说指出:“生物圈作为适应的调节系统能够自动维持地球平衡状态。”地球是一个超级生命系统,在这里不仅环境决定生物,而且生物决定环境,或者说,生物与环境的相互联系相互作用决定地球的进化方式。[①] 人类社会只是盖娅系统的一部分,他不能脱离这个系统而孤立地存在,而且地球上的所有现象都不是孤立的,所有问题的解决都必须在整体的层次上进行。生命系统观认为,地球是一个巨大的活的有机体而不是一台机器,难道我们不应当谦恭地对地球生命表示尊重吗?

三、发展观的变革

环境的问题就是发展的问题。大地伦理倡导所有有机体的权利,以积极乐观主义的态度来观察和对待当代全球环境问题,促进人类的发展。大地伦理与人类发展的关系,可以从文明的角度得到广义的理解,不论何种阶段、何种内容、何种形式的文明,既见诸于人与人之间的交往,也见诸于人与自然之间的交往,有助于这种交往的观念、意识、行为的伦理思想和实践,都是发展的内容,是文明的题中应有之义。

大地伦理与当代人类发展在根本观念上具有明晰的契合性,或者说它们共享几个相联系的一致观念。

1. 把人与自然的关系置于人与人的关系之上

发展问题关涉到人类社会的两大类关系问题,其一是人类社会内部关系即人与人的关系问题;其二是人类社会与自然的关系即人与自然的关系问题。从发生学上看,自然是人类的母亲;从整体观上看,人类社会是大自然的一个组成部分。由此就决定了自然界是人类生存和发展的前提,人类社会必须依赖于、适应于自然界,它本身才能获得相对的独立性,才能存在和发展。大地伦理认为只有人才能协调人与自然的关系,这是因为:

①人类活动影响所及的范围在广漠无边的自然界中虽是微不足道的,但人类实践会变革自然。按马克思的说法,通过工业形成的自然界“是真正的,人类学的自然界”。

②人类可以运用自己高度发达的理性思维指挥自己的肉体器官,使用各种工具和工具系统,对自然过程进行调节,使自然界中的实物、能量和信息实现不同的比例和组合,从而满足人类种种不同的需要。

③人与自然的矛盾之中,人是具有自觉能动性的方面,而自然界不具备这种人所特有的自觉能动性。正由于这个特点使得人类在人与自然的矛盾中处于支配的、主导的地位。

④人类调节人与自然关系的努力受制于人与人的关系,调节人与人的关系,使之摆脱各种形式的剥削关系、压迫关系、专制政治、阶级对立、战争和暴力以及霸权地位,人类才有能力、有办法和有保障解决全球性问题。所以,人类调节人与自然关系的问题,也是一个全球性的伦理问题。

2. 把长远利益置于眼前利益之上

把人类引向困境的那些问题多半都是由人们自己急功近利的活动造成的。“刀耕火

---

① 周景震、李国清,“盖雅”神佑着生态哲学,全国自然资源生态环境与发展研讨会,1992年。

种”可以当年给人带来好收成,但却会造成长久性的水土流失;“肥水快流”可以大大提高当年的总产量,却会造成资源的浪费,加快不可再生资源的枯竭……几乎在任何一种具体事情的处理上,都存在一个是否愿意和是否能够牺牲局部利益而有益于长远整体利益问题。当代人类发展的伦理抉择,不是不要眼前利益,而是要在考虑长远根本利益的前提下使二者统一起来。

3. 把全球问题置于局部问题之上

涉及到全地球、全人类利益问题,就是要承认全人类确实有共同的东西,共同的利害。全球问题的发生,不仅是由于人类影响自然的能力已达到全球性的水平,人类整体已有自掘坟墓把自己消灭多次的能力,而且是由于世界的经济、政治、文化发展到今天,使地球上各个地区、各个民族、各个国家之间的利益形成了一个相互联系、相互依赖的整体。全球性问题的解决在观念层要发展一种新的价值观,破除和超越特定地区、阶级、民族的狭隘局限和种种偏见,立足于全球和全人类立场加以认识、解决全局性问题。

4. 从高速增长的社会过渡到可持续发展的社会

生产力的高速发展与市场的激烈竞争形成的社会就必然成为高速走向毁灭的社会。这是不以人们意志为转移的。为使社会可持续发展,人类必须确立持续发展的目标,并在持续发展的基础上建设高度文明的社会。这样一个社会既不同于极端乐观派实际上所要维持的经济高速增长的社会,又不同于极端悲观派所要返回的前工业文明社会。如果这种模式是有客观根据的、经过努力可以实现的话,就为全球问题的解决确定了一个标准,我们的一切工作,人类社会的一切活动都应按照这个标准重新加以衡量,作出新的价值评估,并作出相应的取舍,这也就为人们树立了一个坚定的信念,在毁灭性的灾难到来之前就做好一切必要的准备,完成从快速增长社会向持续发展社会的转变。

我们把从高速增长社会向持续发展社会的过渡,作为社会发展的目标提出来,同前述三个根本性的观念结合在一起,构成大地伦理与人类发展相一致的基本指导思想。必须将它们付诸实践,从各个方面实现这个过渡,促进人类发展,从理论与实践的结合上解决人类所面临的急迫问题。

四、发展的生态伦理原则

从生态伦理学看,发展总要遵循一定的原则。有一系列涵括伦理学的主要原则“指标”,经过一定组合,可以构成多层级道德体系。显然,公正层是最基本的道德层级,其基本含义是“不得伤害别的主体”,或者说“己所不欲,勿施于人”。基于对可持续性发展的理解,把传统的个人公正、社会公正的范畴扩大到人与自然关系的领域,公正范畴就可以作为大地伦理原则范式的基础内涵。所以,从一般伦理原理和特殊实践需要相结合的角度,大地伦理的原则可表述如下:

1. 禁止危害自然界原则

反对毁灭生态的战争,反对掠夺性开发资源。战争和掠夺性开发资源对人类社会和

自然环境的破坏历来都是毁灭性的，这种毁灭性至今仍在延续、扩大、升级。因而，我们需要相应的道德原则，增强人类共存的信念，从观念层干预战争的动机和危害自然界使之毁灭的行为。

2. 尊重和爱护自然界原则

爱护和尊重生命和自然界。它在大地伦理中居于核心地位，因而是最高的行为原则。按照大地伦理的价值观念，人类的价值观不仅仅是以人为中心的，而且要考虑到人与生物、人与自然的共同存在，以及它们之间的密切关系。"如果我们没有对大地的热爱、尊敬和赞扬，以及对大地价值的高度重视，伦理学与大地之间的关系就不可能存在"（利奥波德）。因此，对人类行为加以规范和调节，以重新确立生命和自然界的尊严，提出爱护从而尊重生命和自然界为原则。

3. 遵循生态规律原则

经济和社会活动生态化，即人类要选择符合生态道德的发展途径。人类活动应遵从生态规律，按照生态学的观点和生态学原理对工业生产、农业生产和其他经济社会活动进行生态设计。要放弃和避免把经济增长作为惟一目标的经济学，建立把经济与生态统一起来的新经济学。它的任务不仅在于发展生产和增长经济，而且还在于保护环境和建设生态。这就是把经济学原则与生态学原则结合起来，构成工农业建设应遵从的生态经济学原则，使工农业建设的成果既符合最大经济效益指标，又符合最佳生态效益要求。这就是经济和社会活动的大地伦理学原则。

为了使大地伦理原则起作用，需要制定并实施具体规范。依据大地伦理的三大原则，制定相应各个领域的道德规范，作为普遍的社会规定，成为被人们内化的价值观念。

第四节　资源-环境感知

前面所讲的人地关系思想和生态伦理学是从哲学和科学思想史的角度所进行的一种理性概括。就个别时段和个别人群来看，大多数人的决策和行为是并不那么理性，而是在某种说不清的直觉水平上作出的，对自然界的看法和自然资源的利用也是如此。这种具体的人地观对决定资源利用的态度和模式都有重要影响，而人地观的很多方面按照现代科学的观点看来是非理性的，其中文化起着极大的作用。我们可以根据资源利用来客观地研究某种特定文化特性的作用，同时还应当研究个别人的环境感知及其决策方式。因为每个人都在一定的环境中生活，由于环境和文化背景的影响，在人们头脑中必然形成一种印象，这种对环境的印象就是环境感知，它为一定环境中共同的文化集团内部所有成员所共有。人们一旦形成一种环境感知以后，必然影响他对环境的认识和理解，从而影响他的自然资源利用态度。因此，环境感知过程的研究对于认识资源管理与利用中的若干非理性过程很有意义。

环境感知过程很复杂，首先是对环境的感应（sensory perception）。最初级的环境感受只限于人体的各种感觉器官，但现在遥感技术对人的环境感受起着巨大的作用。有人认为，"20 世纪中叶，人类第一次从太空中看地球。历史学家最终可能会发现，这一事件对

思想的影响可能比 16 世纪哥白尼革命还要巨大"。通过遥感技术,人们看到一个小小的行星,称之为"全球村",或宇宙中的"诺亚方舟";这根本改变了人类几万年来一直认为自然界有无穷无尽的资源和空间的看法。应用遥感技术,人们也能看到一些在其日常生活中感受不到的东西,例如可以看到水体中的热污染、植物病害的蔓延,甚至可以测算各种第一性生产力。通过遥感技术的应用,自然资源的调查制图、生态系统中物质与能量流的定量研究、自然资源系统的动态监测等都得到了极大促进。现在,虽然还不能说可以准确了解全世界潜在自然资源的全部储存,但人类对自然资源的感受显然更加敏锐,对潜在资源的清查也更完备。

环境感知的第二阶段是环境认知(cognition),即对环境的感受在头脑中转换为某种概念和认识。在这个转换过程中,伦理和文化背景起决定作用。正是在这一阶段,由"自然存在"形成了"自然资源"的概念,其中经过了以文化背景为基础的主观评价。影响文化评价的原因很多,其中科学知识的作用最大,正因为科学技术的发展,才使得人类不断发现新资源的用途及获取它们的方法;但各种各样的偏见、经验、想像、迷信、宗教、习俗等也很重要。某些知识一旦教条化、仪式化就会成为偏见,例如犹太教和伊斯兰教禁食猪肉,究其原因,一些学者认为,猪肉中有寄生虫,猪的生活习性肮脏,使得古代犹太人认为猪肉不洁净,因而不食猪肉。这种认识后来发展成为一种宗教禁忌,即食物禁忌,并扩大到受犹太教影响的伊斯兰教中。又如居住地的选择,在某些文化集团中,较少取决于环境的适宜性,而更多地考虑宗教神圣感。关于资源与环境的质量,还可以举出很多显然是非理性认知的例子,这种不完善的资源、环境评价称为认知不协调(cognitive dissonance)。

即使在很成熟的现代社会里,资源管理者的环境认知也是不完善的。他们受到很多限制:很难获得完备的信息,缺乏技术方面的知识,面临不确定性,人本身易犯的错误等等。环境生态系统本身就很复杂,再加上社会因素的参予,这意味着人脑认识和解决有关复杂问题的能力是有限的(即使有计算机的帮助),而解决那些复杂问题要求生活在现实社会中的人要有客观上理性的行为。

由于认知上的不完备,资源管理在作出决策时可采取不同的方式。他们可以自觉地作出以理性分析(不完备)为基础的选择;也可以采取更为灵活的态度,例如因循守旧,人云亦云;还可能作出某种直觉断判或试验性选择。然后其决策会付诸实施。除了社会体制方面的一些考虑外,这里最重要的是资源管理者所能获得的决策技术,这些技术虽然在形式上暂时与认知过程无关,但实际上也是认知过程中的一部分,因为有关技术能力的知识是决策过程的一个重要部分。图 9-1 对全部环境感知过程作了一个近似的概括,现实要复杂得多,尤其还有很多反馈环,其性质更为复杂,但这个示意图还是提供了一个有用的概括模型。

无论环境感知过程如何复杂,重要的是其结果。对较发达的社会来说,其结果只是舒服与否、获利与否;而对生存水平的文化,则关系到生与死。然而,在西方文明出现以前,某些原始部落在适应恶劣环境方面一直是非常成功的,而以现代人的眼光来看,那种环境中资源非常缺乏。人种学和人类学中经常引用的一个实例是非洲喀拉哈里(Kalahari)沙漠中的布什曼(Bushmen)人,对居住在干旱环境中的他们来说,对水源的认知至关重要。所有的植物和动物不仅用作食物,其中大部分还用作水源。布什曼人都是发现精美食物(如埋藏的鸵鸟蛋)痕迹的行家里手,这对他们的饮食是非常有价值的因素。北美爱

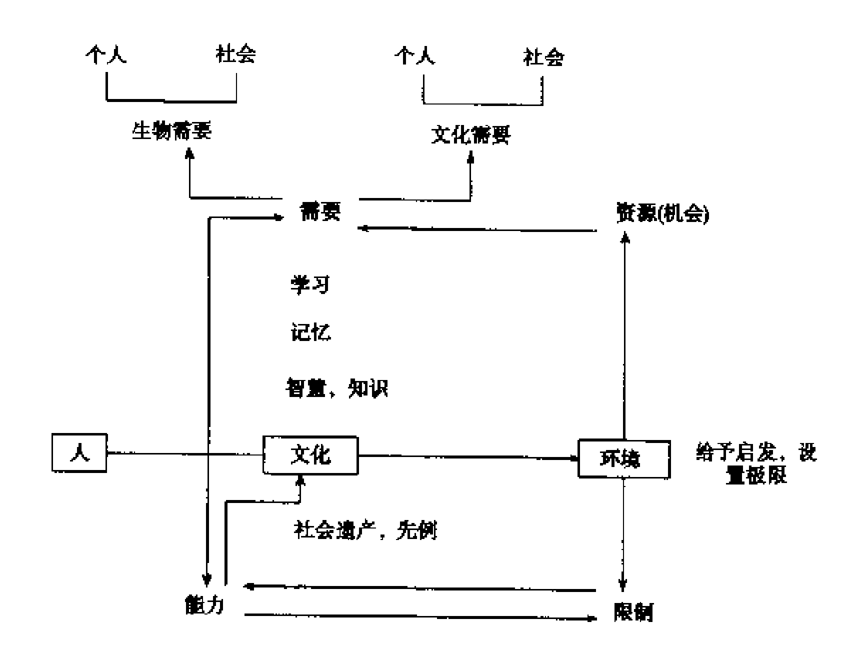


图 9-1　资源-环境感知中所包含的某些因素示意

斯基摩人在适应他们贫瘠环境中的食物和其他物质供给方面也是引人注目的,他们通过杀婴和弃老之类的手段使人口限制在低水平上。接触美国文化后,某些爱斯基摩人的生活方式正改变。有人曾指出,爱斯基摩人的环境感知不仅与他们的经济有关,也与他们所经历了的"西化"程度有关。

发展程度较高民族的环境感知通常带有很浓的实用主义色彩。例如,在自然灾害现象无规则发生的地方,对环境灾害可能性的感知就是如此。尤其是在灾害会对个人或团体造成很大经济影响的地方,人们对所有自然灾害都存侥幸心理,要不就引起某种不适当的响应:把工厂建造在泛滥平原上,把城市建筑在活动断层上,无视台风预报等等。现在,无论关于资源短缺和环境退化的警告如何紧迫,总有很多人认为这是一种"狼来了"似的警告,并不相信会发生。这种环境感知,显然是为缺乏远见的实用主义态度所支配。

对一个地方自然资源环境感知及其所支配行为的意义,并不仅限于农业、工业和居住这些经济活动,在文化活动上也得到表现。一个美国地理学家曾研究过明尼苏达－安大略地区不同人的环境感知,发现那些自己拥有独木舟的人对湖区周围森林的低水平利用(即原木生产)颇能容忍,而那些拥有摩托艇的人则认为这是在浪费资源。在旅游活动中,环境感知也起很大作用。很多人都追求"野趣","返朴归真",他们认为生态纯洁性和不受人类干扰是最重要的。因此,在旅游区的经营管理中,可以有目的地造成某种感受刺激,使游客感到他正置身野外。这对缺乏原始风景的人口稠密地区尤其有作用。

知识背景的差异也会造成不同的环境感知。例如对于当代"人口爆炸"及其对资源和环境的影响,某些社会科学家和大多数自然科学家之间就有截然不同的看法。前者持乐观态度,认为持续的人口增长是可接受的甚至是所盼望的;而后者往往是马尔萨斯主义者,作出各种悲观的预测。

第十章　资源经济基本问题

从前面的论述我们已经知道,世界上的资源是有限的,而人类的需要是无限的。经济学的基本问题就是:人类不能用有限的资源生产出足够的物质财富(goods)和服务(services)来满足每一个人无限的需要。因此,个人也好、企业团体也好,乃至全社会都必须对用有限的资源生产什么财货和服务、如何生产、生产多少,以及如何分配这些问题作出决策。经济学就是研究个人和团体如何作出此类决策以满足其需要与需求的学科。由于任何产品的生产和使用都会对环境和自然资源造成影响,经济决策也会影响到环境质量和自然资源基础。近年来,经济学也开始研究资源、环境保护的经济机制。

如果说自然资源生态学说明了"限制"和"文化调节限制"这两个概念的话,那么以下关于自然资源经济学的章节将阐述人类在这种限制下如何调节、适应的经济学原理,因此我们先从一些经济学基本概念讲起。

第一节　稀缺与经济决策

一、稀　　缺

经济学关心的中心问题是以稀缺(scarcity)的概念来表示的。全部资源问题,在生态学看来就是"限制"二字,在经济学看来则是"稀缺"二字。

稀缺指的是在获得人们需要的所有产品、资源和劳务方面所存的局限性。下个较严格的定义就是"与需求相比数量上的不足"。经济学中的稀缺概念也承认物质世界是有限的,正是这种有限性造成了种种经济学问题,并使经济学法则有了存在的必要。经济学从根本上说,就是研究稀缺性以及由此带来的一切困难问题的学问。

1. 稀缺的生产要素

物质财富和无形服务的稀缺,是由于它们必须用稀缺的资源来生产。经济学上的资源有时称为生产要素,是用来生产物质财富和服务的基本投入物。有三种基本生产要素:

(1) 人力资源即劳动,包括从简单劳动到具有最高技能的管理人员和专业人员的所有形式的劳动;

(2) 土地即自然资源,如土地本身、地下矿藏、野生植物和动物等;

(3) 资本:固定资本(厂房、机器、设备等)和流动资本(资金、产品)。

在任一特定的时间内,生产要素的数量是一定的。过了这一特定时间,它们的数量和质量都会发生变化,但仍然是有限的。所以,我们必须确定这些资源在许多种用途中派作何用,这是经济学中的一个基本点。经济学经常有一个提法,就是"稀缺资源的最佳配

置”。经济学家所关心的，就是以最好的方式利用我们所拥有的稀缺资源。

2. 经济财货与自由财货

物质财富和无形服务可以划分为经济的和自由的两种，但其中大部分是经济的，也就是稀缺的。但是，有少数财货在零点价格上的供给仍大于需求，这些财货就称作自由财货(free goods)。例如：加拿大广阔草原上的空气、印度洋中的水、非洲海岸与世隔绝的沙滩上的沙子等等。自由财货还可以是人们不想要的东西，例如被污染的空气或水域。自由财货无论是人们想要的还是不想要的，都不是稀缺的，因为它们相对于需求来说，其供给量足够大，也不是用稀缺的生产要素生产出来的。因此，它们不属于经济学家的研究范围。但如前所述，生态学家却要研究它们，而且希望经济学家也应研究它们。而且随着资源概念的演进，自由财货也会变为经济财货。

大部分商品和劳务是利用稀缺的生产要素生产出来以满足某种需要的，相对于零点价格上的需求而言其数量有限，因此这些商品和劳务需要有一个正值的价格，这类财货就称为经济财货(economic goods)，这就是经济学家所关心的问题。

如果利用稀缺的生产要素移动自由财货，或改变它们的状况从而使其变得更为有用，那么自由财货也可以变为经济财货。如有空调房间中的空气，被处理净化了的污水，以及作为建筑材料的沙子，都属于经济财货。

3. 自然资源稀缺的经济学观

我们已在第四章中指出，自然资源的一个基本特性是稀缺性。这里有必要进一步说明自然资源稀缺概念的经济学含义。

(1) 自然资源的绝对稀缺：当对自然资源的总需求超过总供给，这时造成的稀缺就是绝对稀缺，这里的总需求包括当前的需求和未来的需求。例如我们在第五章关于自然资源可得性度量的阐述中，指出很多不可更新资源按现在开采量的年增长率计算，会在不久的将来枯竭。在其枯竭以前，绝对稀缺的问题会日益尖锐，获取这些资源的代价会越来越高。从全球和人类整个历史来看，所有自然资源都是绝对稀缺的。在此限制内，有时或有些地方还会面临更紧迫的相对稀缺问题。

(2) 自然资源的相对稀缺：当自然资源的总供给尚能满足需求，但分布不均衡会造成局部的需缺，这称为相对稀缺。例如，当前世界粮食总产量可以满足人口的需要，但一些发展中国家农业生产比较落后，人口增长过快，食物不能自给，又无足够的外汇用于进口粮食，产生显著的相对稀缺。又如，1973—1979 年间，全世界的石油资源和产量是可以满足需求的。但对一些国家来说，尤其是工业化国家和美国、日本、西欧，石油资源的藏量和产量，以及世界石油对这些国家的分配，却远不能满足需求，也造成相对稀缺。在此相对稀缺期间，石油价格以每桶 3 美元上升到 35 美元。再例如，我国的煤炭储量和产量现在和可预见将来都可满足需求，但江南各省却缺煤，这就是相对稀缺。另一方面，煤炭资源丰富的省份，即使有很大开采能力，却只能“以运定产”。

无论是自然资源的绝对稀缺和相对稀缺，都会造成该种自然资源价格的急剧上升和供应的短缺，一般称之为资源危机。上述 1973—1979 年间的石油相对稀缺，就造成了所谓石油危机。80 年代到 90 年代初的石油价格又开始回落，标志着危机的缓解。但多数

能源分析家都认为这只是暂时现象，老石油生产国的资源将逐渐耗竭，石油输出国组织(OPEC，Organization of Petroleum Exporting Countries)国家在世界石油市场上的份额将上升。石油相对稀缺的态势将进一步加剧，绝对稀缺也可能逐渐逼近。

当自然资源的开发利用超越了资源基础的最终自然极限，就发生自然资源的自然耗竭。然而，在自然耗竭远未出现时，由于高质量的自然资源逐渐先被开采，余下较低质量的自然资源，其开采成本必然上升，当自然资源的开发成本超过其价值的时候，就发生了经济耗竭。

现在看来，对人类发展构成威胁的还不是自然资源的绝对稀缺和自然耗竭，而是相对稀缺和经济耗竭。自然资源经济学首先关注的也是自然资源的相对稀缺和经济耗竭。

4．稀缺与价格

在运作完善的市场经济中，当资源稀缺时，其价格将上涨。反过来说，某种资源的价格通常反映其稀缺的程度，当然也反映出人们对它的评价。随着经济耗竭的出现，报酬递减(详见第十四章)，生产成本增加，这就意味着在现有价格水平下生产者会对市场减少供给，因而价格上涨，直到再恢复到供求均衡。这种价格上涨会立即引发一系列的需求、技术和供给的响应。首先，由于用户转向较便宜的替代品，或采取节约、经济的措施，需求会减少。对于金属来说，还由于循环利用在经济上更有利，废料就更有价值因而更值得收购，对原始资源的需求也会减少。其次，价格的上涨和对稀缺的担忧都会为技术革新和发明提供一种刺激。所导致的技术变化很可能增加资源的可得性，降低替代品的成本，并促进节省方法。然后这些变化又会通过价格机制反馈来抑制需求，从而减小原商品的稀缺压力。再次，价格的上涨将使原来开采起来不合算的矿藏变成经济的，将鼓励探寻新的供给源泉，并将促进萃取技术的发展从而提高已知矿藏的有效产量。当然，对于任何单独的储存性资源物质而言，人们也认识到上述最后一种适应机制不可能无限制地继续下去。

虽然需求对价格变化的响应还不能确切地知道，尤其是就长期而言，但一般认为价格每上涨10%，大多数非燃料矿物的需求将降低6%到20%(Tilton，1977)。石油的需求也已显示出有价格响应，正如1973年以来世界石油消费减少所表明的那样，即使在很短的时期内也可能发生显著的价格响应。

但是价格并不一定总能反映某种资源的稀缺程度。例如，若某种资源的生产者能完全控制其供给，就形成垄断。于是他就可能减少供给，人为地制造稀缺，提高该种资源的价格。某种资源的主要供给国家就该种资源的生产、供给和价格达成协议，这就是卡特尔(cartel)，OPEC就是这种卡特尔，它们也起着垄断的作用。在上述情况下，资源本来并不稀缺，但价格高涨，影响资源分配，造成相对稀缺。

政府可通过各种手段刺激或控制某种资源的供给，从而在价格以外影响到资源的稀缺程度。这些手段例如有免税、征税、补贴、贷款等经济手段；也可能是法规、行政命令等行政司法手段。对生产者来说各种补贴可减少资源开发成本，鼓励多开发，也可鼓励保护某种资源；对消费者来说，该种资源的价格降低，但这种人为的低价并不反映该种资源不稀缺，却降低了消费者保护、节约此种资源的热情。例如我国的粮食资源就一度出现过这种情况。政府对造成环境问题和损害资源基础的企业可通过征税等手段增加其生产成本，从而限制其生产；对消费者来说，这种资源产品的价格必然上涨，迫使其珍惜、节约此

种资源，刺激其去寻求代用品。

二、经济决策与经济制度

如果生产要素的供给是无限制的话，人们就会得到他们所希望得到的一切，社会也就无需制定经济决策。然而，一切生产要素都是稀缺的，于是社会面临资源利用的决策问题，即如何利用可得的有限的资源生产何种商品和劳务？生产多少？如何生产？如何分配？人们解决这些基本问题的方式方法很大程度上取决于经济制度。

1. 经济决策

(1) 生产什么和生产多少？这个问题是基于这样一个不可回避的事实：无论现在还是将来，都不得不就稀缺资源用在何处作出抉择。土地是稀缺的，我们是用它来种庄稼，还是修房子，或是建公园。答案经常是都需要，我们需要作出各种土地利用决策，这是回答生产什么的问题。但关键在于它们的生产量各是多少？一个地区用多少土地种粮食？用多少土地建城镇和交通网络？还要划定多少面积的自然保护区？这些是要回答生产多少的问题。

(2) 如何生产？一旦第一个问题得到解决，我们就面临着确定何种资源用于生产的抉择问题。我们曾经指出，资源的一个基本特征是互补性(或可替代性和多用性)。扩大到生产要素层次上来看也是这样，几乎总是存在着一种要素代替另一种要素的可能性。比如，多用机器(资本)来代替一些劳动力(资本密集型生产)，或者用少量较先进复杂的机器代替大量不太先进的机器(技术密集型生产)，用大量劳动来弥补资本和资源的不足(劳动密集型生产)，或仅生产自然资源的初级产品(资源开发型生产)，如此等等。各国、各地区由于各自在劳动力、资本储备、自然资源的情况不同，解决如何生产的具体方式就大不一样。

(3) 如何分配？这个问题既涉及到每个消费者能够得到多少商品和劳务，又包括消费者能够得到何种商品和劳务的问题。一旦我们决定了生产什么？生产多少？如何生产商品和劳务，我们还必须确定向最终消费者提供的数量和品种搭配，以及让谁来享用这些商品和劳务。是分配给“最需要的人”，“出价最高的人”或“先来先到的人”呢？还是“按劳分配”。

除了这种资源产品的分配问题外，自然资源的分配还涉及资源利用的收益如何分配？以及资源开发利用的环境后果如何分配？

就自然资源分配而言，国际经济关系和区际关系起很大作用。目前大家熟知的全球南北不平等问题，是由一方(发达国家)支配的不平等国际贸易关系造成的。由于发展水平的差距，各国经济实力和综合国力不均衡，发展中国家一般受国际经济状况的影响，而反过来影响国际经济状况的实力却有限。我国东、西部不均衡的问题也与此类似。这种不平等的经济关系给试图管理自己的环境、维护自己的自然资源基础的贫穷国家和地区设置特别的难题。因为在这些国家和地区中，自然资源的出口仍然占很大比例。大多数这类国家和地区所面临的不稳定和不利的物价动态，使得它们不可能管理好自己的自然资源基础，以保证持续性生产。日益沉重的债务负担和新的资本流动的减少，加剧了牺牲

长远发展利益、导致环境恶化和资源枯竭的不利因素。例如,热带木材的交易是导致砍伐热带雨林的一个因素。对外汇的需要促使许多发展中国家以伐林快于植林的速度滥伐林木,这种乱砍滥伐不仅造成了世界木材贸易赖以存在的森林资源的枯竭,还导致了以林木为生计的人们失去生存基础,加剧水土流失和下游水灾泛滥,而且加速生物品种和物种资源的灭绝,近年的研究还发现这是全球变暖的一个因素。不平等的国际关系同样导致一些发展中国家拼命发展经济作物以换取外汇,例如非洲干旱地区的棉花生产,正是在1983—1984年间干旱和饥荒袭卷萨赫勒地区时,这个地区的五个国家(乍得、马里、尼日尔、塞内加尔和布基拉法索)的棉花生产创造了最高纪录,而此期间国际市场上的棉花价格实际上却在不断下跌。这些国家只有用再扩大生产来弥补价格下跌对他们外汇收入的影响,陷入恶性循环。同时付出饥荒和土地退化的代价。

还有环境代价如何分担?目前的状况也不利于欠发达国家和地区。

所有国家,无论大国小国、富国穷国,都要面临这些问题,并提出解决办法,不同经济制度有不同的解决办法。

2. 经济制度

可以总结出四种基本经济制度:传统经济、纯市场经济、纯计划(指令)经济、混合经济。

(1) 传统经济制度。在传统经济制度中,人们按照习惯和传统来回答和解决那些基本决策问题。传统经济一般都是生计(subsistence)经济,以家庭、部落或其他群体的组织形式生产产品,其产品仅用以满足生存需要,基本上没有什么剩余供出售和贸易。

传统经济制度是建立在家族群体基础上的,这种基础后来逐渐消亡,在传统经济体制中,采集什么植物,捕猎什么动物,种植什么作物,谁来完成这些任务,如何分配食物,这些问题的决定都是以部落过去的惯例为依据的。每个部落成员的作用都由习惯所规定,都很明确。任何个人都很难有推进经济变动的愿望,即使有也会受到阻止。与传统相抵触并威胁到社会秩序的技术进步和发明也会受到阻止。

非传统经济社会中也还保留一些以传统为基础作出决定的习惯。例如,决策中男性的意见往往占上风,这是迄今几乎一切经济制度都或多或少保留的一种传统。

(2) 纯市场经济制度:纯市场经济制度也称纯(自由)资本主义,所有的决策皆在市场上作出,在市场上买者(需求者)和卖者(供给者)对各种经济财货自由地讨价还价,没有政府或其它因素的干预。

这种制度的一个特点是生产专业化分工。人们既无时间,也无能力和资金去生产自己所需要的所有东西,而只能生产某一样或少数几样商品,以这些商品供给市场,从而得到货币,再买他们需要的其他商品。因此纯粹市场经济制度是按生产来分配的,即生产者才有收入从而能够买商品;而不生产任何东西的人则没有收入,因而无参与分配的权力。这种分配形式,既包括按劳分配,也包括按资分配。

市场经济制度建立在财产私有、自由选择、完全竞争的基础上。一切经济资源皆为私人或私有企业所有而不是政府所有;所有私人或私有企业在保持其所得,和以其所得买何物上都是自由的(例如无税、无投资限制),他们也可以用掉、卖掉甚至放弃其所有而无任何限制。所有的买和卖都建立在完全竞争的基础上,在这种竞争中,很多小买者和很多小

卖者都独立行动。没有任何买者或卖者强大到足以控制需求、供给和价格的程度。任何人都允许生产某种商品，并允许卖给他人。但要参与市场竞争，买者和卖者都必须接受当时的市场价格。此即自由资本主义。

市场经济制度下的资源分配受市场价格支配，即价格控制供给与需求之间的消长关系；另一方面，需求与供给之间的消长关系也影响价格，达到一种所谓市场均衡状态，这是经济学也是资源经济学中的一个重要原理，我们将在下一章中详细阐述。我们这里先看看市场经济下如何回答和对待那几个基本决策问题。

第一个问题，生产什么？生产多少？这取决于买者（消费者）对卖者（生产者）提供的商品和劳务作何反应。例如，如何一个生产者打算以 300 元 1t 的价格每年销售 1 000t 煤，那么市场上的消费者可能每年要购买的煤少于 1 000t，也可能多于 1 000t，或者恰好等于 1 000t。市场上的这些反应，都给生产者一个信号。如果市场需求小于生产者预计的销售量，价格会下降，他下一次就会提供较少的商品量，或者转而生产其他商品。但如果市场上他的商品不到一年很快销售一空，价格可望上涨，就会促使他以后生产更多的商品。在买卖恰好相等的情况下，销售者就会继续提供同等数量的商品。显然，这里价格对买者的反应起决定作用。价格又受生产成本的影响。但自然资源产品的价格，除地租外，尚未包含自然资源本身的价值。这在自然资源日益显得稀缺的情况下，是很不合理的。因此，如何把自然资源的价值包含进产品成本中，从而形成一种珍惜自然资源，使之形成可持续利用的经济机制，是当前各国自然资源学者的一大任务。我们将在以后有关部分再谈这个问题。

第二个问题，如何生产？这是指用多少劳动力，用多少（什么样的）土地或自然资源，用多少资金的问题，它在很大程度上取决于企业间现存的竞争状况，包括占有的人力、资本与自然资源。例如某些企业用复杂、精密的机器和少数熟练工人，开采的是富矿，生产 1 t 精煤的成本是 200 元。另一家企业则用不太复杂精密的机器和更多不太熟练的工人，开采的又是贫矿，生产 1t 精煤的成本可能是 380 元。如果市场上每吨精煤可售 300 元的话，第一个企业每吨煤获利 100 元，而第二个企业每吨煤要亏损 80 元。因而，成本高的企业要么改进生产方法，采用更先进技术，启用更熟练工人并减少人工数以降低成本，要么就放弃当地开采，另寻富矿。可见这里既有生产要素合理组合的问题，也有自然资源配置的公平性问题。

第三个问题，如何分配？这里指谁将获得生产出来的商品和劳务，它取决于什么人可花费的钱更多，出得起大价钱。每种商品和劳务在市场上都有一定的价格，那些想买且买得起的人就会购买这种商品和劳务。

(3) 纯指令经济制度：纯指令经济制度也称完全计划经济制度，全部经济决策皆由政府作出。政府决定生产什么、如何生产、生产多少、卖多少钱、怎样分配。

这种经济制度是对所谓“资本主义生产无政府状态”的反对，相信政府控制是生产、利用和分配稀缺资源的最有效方式。

(4) 混合经济制度：实际上没有哪一个国家是纯市场经济制度或纯指令经济制度，所有国家都实行的是混合经济制度，即既有市场经济成分，又有指令经济成分，还带有某些传统经济的色彩。不同之处在于各种经济成分占的比重不同（图 10-1）。

为什么不能实行纯市场经济？因为它不能满足整个社会的需要，政府的干预是很有

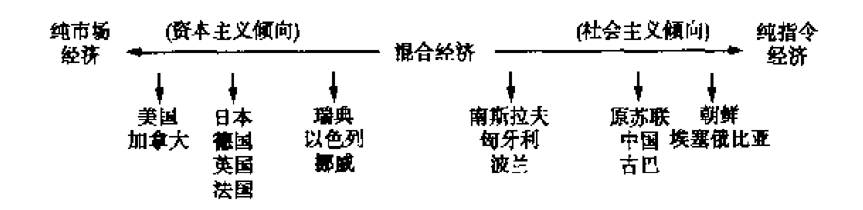


图 10-1　世界各国的经济制度皆介于纯市场经济和纯指令经济之间

必要的，其作用至少有以下几方面：

·促进和保护市场竞争，阻止垄断的形成。

·提供国防、教育和其他公共需要。

·通过对收入和财富的再分配(例如所得税和发放失业救济)，促进社会公平，尤其是保证穷人的基本需要。

·防止纯市场经济制度下常见的经济过热和经济衰退，保证经济发展的稳定性。

·帮助补偿洪水、地震、飓风等自然灾害造成的剧烈损失，减轻灾害对社会的冲击。

·制止和减少环境污染。

·管理公共的自然资源。

为什么不能实行纯指令经济？实际上多数社会主义国家都实行过以指令经济为主的制度，结果普遍出现生产者生产热情不高、生产效率低下、官僚主义盛行的弊病。因此，多数社会主义国家或多或少地引进了市场经济的一些机制，近年来则普遍进行着经济改革，我国正在由计划体制向社会主义市场体制转变，将更多地倾向市场经济。

第二节　经济增长与外部成本

一、经济增长与社会健康

1. 经济增长与经济发展

国民生产总值(gross national product, GNP)是某一经济(单位)在一年中生产的全部财货和服务按当时价格计算的市场总值。这里面没有考虑物价上涨的因素，为更准确地表示出经济产出实际上如何增长或下降，经济学家使用真实国民生产总值(real GNP)的概念，它表示国民生产总值扣除通货膨胀部分，即减去财货和服务平均价格水平增加的那部分。

现在世界上任何国家，无论经济制度如何，都在努力促进经济增长。经济增长就是某一经济(单位)所生产的全部财货和服务的真实价值的增加，换言之，即真实国民生产总值的增加。如果说经济增长产生了一个更大的馅饼的话，那么一般人很少关心这个饼增大了多少，而更关心自己分到的那一块增大了多少。

为表示平均每人得到的那块经济馅饼如何变化，经济学上计算人均真实国民生产总值，即真实国民生产总值除以总人口数所得之值。显然，如果人口增加快于经济增长，人均真实国民生产总值将减少，馅饼可能增大了，但每人得到的那块却缩小了。

经济发展(economic development)比经济增长(economic growth)的含义更为广泛,除了人均真实国民生产总值(或人均收入)的提高以外,还包括:①经济结构的变化,其中两个最重要的变化就是:工业在国民总产值中的比重上升(以及农业的比重下降),城市人口所占百分比上升,人口年龄结构也会有显著变化。②消费结构的变化,人们不用再把全部收入用于购买必需品,而是逐步转移到购买耐用消费品和满足高层次需求(如旅游、康乐)的消费品及劳务上。③人民分享经济发展带来的好处,并且参与形成这些好处的生产活动。如果经济增长仅仅使一小撮人发财,无论这些少数人是外国人还是本国人,都不能算作经济发展。

显然,经济增长和经济发展对自然资源的开发利用都有促进和加速的作用。现在提出的"可持续发展"概念,又要求在经济发展的同时,保护资源基础和环境。

2. 社会健康的标志

(1) GNP的局限。多数国家的政府都用真实国民生产总值和人均真实国民生产总值来作为衡量其社会福利和进步的标志。其实这些指标并不能全面反映出社会福利和生活质量情况,它们只能衡量经济增长的快慢。真实国民生产总值和人均真实国民生产总值可以说明各国相对富有的一般情况,某些情况下也可以表现出国民的平均生活标准。但是这中间存在某些歪曲之处。之所以这么说的一个原因是:这种指标所包含财货与服务的价值中,既有有益的,也有有害的。

例如,1995年中国烟草工业上缴利税达700亿元,占国家财政收入的1/10。生产更多的香烟无疑增加了真实GNP,但也引发更多的癌症和心脏病。具有讽刺意味的是,这些疾病又增加了医疗费用和保险费用,从而进一步增加了真实GNP。而这种增长的GNP并不能反映出疾病受害者的死亡和生活质量的下降。又如,污染工业的产出也增加了GNP,但它们对环境的污染和对人民健康的危害也未反映在GNP中。破坏环境和耗损自然资源的代价也未反映在GNP中。

此外,GNP也不能反映资源与收入如何在各种人们之间进行分配,在经济收入这个大筵席中,有人吃肉,有人喝汤,有人啃骨头,甚至"朱门酒肉臭、路有冻死骨",GNP并不能反映这些情况。

为了衡量社会的健康状况,我们需要某些指标来区别经济增长中的有益部分和有害部分,并显示谁受益,谁受害。社会健康指标体系(indicators of social health)已成为当今国际上的一个热门研究课题。

(2) 替代指标。经济学家William Nordhalls和James Tobin提出一种指标,称为净经济福利(net economic welfare,NEW),用以估计一个国家生活质量的年变化。他们把包含在GNP中却不能改善生活质量的那些"起负作用"的财货和服务,以及环境污染和资源耗损贴上一种价格标签,然后从GNP中减去这些负因素的费用,得到NEW。另一方面,某些对改善生活质量有贡献,但却未反映在GNP中的服务,如家务劳动中的清扫、烹饪、维修等,也加进NEW中。

然后用NEW除以一个国家的人口数,算出人均净经济福利。这些指标也考虑通货膨胀因素加以调整。用这些指标衡量美国1940年以来的情况,结果表明,美国人均NEW的增加仅及人均GNP增加的一半。

NEW 指标是 1972 年提出来的,但至今未得广泛应用。原因之一是对负因素贴价格标签并非易事,并且是个引起争论的问题。另一个原因是,很多政治家宁愿用人均真实 GNP,因为这可使人民感觉到今非昔比。

在评价一国或一地区平均生活质量时,也使用了一些社会指标。例如美国海外开发委员会(Overseas Development Council)设计了一套物质生活质量指标(physical quality of life indicator, PQLI),以三项社会指标为基础,即平均寿命、婴儿死亡率、识字率(文盲率)。但这些指标也未得到广泛应用。当然,社会指标和所有指标一样,并非完美无缺;但它们总比不考虑生活质量和环境质量的 GNP 好,没有适当的社会指标,我们将对环境代价和人民生活到底如何若明若暗,也不可能明确该作什么来改善环境与生活。所以当前关于可持续发展的指标体系研究成了一个热门课题。

经济学家 Kenneth Boulding 提出一套指标思路来衡量走向持续地球社会(sustainable earth society)的进展。其中一方面以恒定资源和可更新资源的持续利用,以不可更新资源更多的循环利用和重复利用为基础,来度量财货和服务的价值。另一方面则根据未经循环利用和重复利用的不可更新资源的耗损,表示出财货和服务的代价。若前一个指标的增加超过后一个指标的代价,则表明向持续地球社会前进了一步。

生态学与地理学家也提出一些指标,如土壤侵蚀率、植被覆盖率、人均公共绿地、人均密度、人均耕地、人均卡路里。

目前国际上已建立的众多可持续发展指标体系中,影响较大的是联合国发展署设计的人类发展指数(Human Development Index, UNDP, 1990),它采用了三个能综合反映经济福利和社会公平状况的指标:人均期望寿命、识字率、人均国内生产总值(GDP)。从 1995 年开始,《世界发展报告》中应用这套指标对各国的经济-社会状况进行了评价和排序。

3. 经济增长方式

促进经济增长有多种方式。一种方式是用更多的生产要素(自然资源、资本和劳动)生产更多财货和服务。例如,可通过增加人口来增加生产,因为人多意味着潜在劳动力多,消费者也多。从消费刺激生产的角度看来,增加人均产出和人均消费量也可增加生产。但对比较谨慎的人来说,这种认为一切经济增长都好的"增长狂"是有害的和不经济的,它看不到负面影响。关于这点,我们在讨论"增长的极限"与"没有极限的增长"之争时,已知道了两派的观点。

另一种增加生产的方式是提高生产效率,即更有效地利用各生产要素。生产效率可以看作是生产要素(自然资源、资本和劳动)的投入与经济财货和服务之产出的比值,提高生产效率意味着更好地利用我们所有的经济资源,用同样多的甚或较少的生产要素取得更多的产出。这种方式可降低价格、使竞争更有效、提高利润、提高平均生活标准,保护资源基础和环境。

提高生产效率而不增加消耗,比之简单增加生产或产出,能更好地保护自然资源并有助于环境保护。当然,提高生产效率并不能解决我们所面临的全部资源与环境问题。我们还需要强调增加那些既有益于人类健康和福利,又有利于地球生态系统的财货和服务的生产。

高新技术是增加经济生产效率的关键之一。例如,计算机操纵机器人可连续长期地在对人有害的条件下工作。此类革新需要大量投资用于科研、开发和教育。为增加生产效率的投资也要求较高的国民储蓄率。

美国现在只花费 GNP 的 1.6%用于非军事的研究和开发,这个比例大约仅为大多数其他工业国家的一半。1980—1988 年间,政府用于民用研究与开发的费用又因通货膨胀而降低了 24%。13%的美国劳动力实际上是文盲(functionally illiterate),而日本仅为 0.5%,这就是日本具有较高生产效率的原因之一。美国自 1970 年以来,从事于提高劳动生产率所需的科学和技术研究的人员显著减少。

另一关键因素是降低借贷资本的利率。任何具有巨额国民债务的国家都倾向于高利率。政府税收的很大部分必须用于偿还利息。这就使能用于增加生产效率的投资越来越少。为鼓励国内外投资者继续借钱给政府,又必须维持高利率。从而形成一种恶性循环。大多数发展中国家的这一问题更为严重。

美国储蓄率仅为国民收入的 2%,而其他发达国家平均为 11%。从 1981 年到 1989 年,美国从世界上最大的债权国变为最大的债务国,其债务的 25%是向国外借的。由于低储蓄率和巨额债务,美国用于长期增长和提高生产效率的投资显著减少,自 1970 年以来,其生产效率的年增长率显著下降。

二、外部成本及其内化

1. 内部成本与外部成本

在买一辆汽车所付出的钱中,包括了建设汽车厂、经营汽车厂的费用,原材料费用,劳动力费用,销售费用,运输费用,以及公司和推销者的利润。买到汽车后,还必须支付汽油费、保养费、维修费等等。所有这些由某一经济财货所包含并计人市场价格的直接费用,称为内部成本。

任何经济财货的制造、分配和使用也包含经济学家所称的外在性事物,即市场过程以外的社会效益和社会代价,以及环境效益和环境代价,它们并未包括进经济财货或服务的市场价格中。例如,如果一位汽车销售商建造了一座具有美学观赏价值的销售大楼,那么对其他未对此付钱的人来说,这就是一种外部效益。另一方面,当一个工厂向环境排放污染物,其有害作用就是转嫁给社会和后代的外部成本。可见,外部成本就是生产和使用某种经济财货又没有包括在该财货的市场价格中的有害社会后果。

再以汽车为例,其外部成本是多方面的。制造和开动汽车都会造成污染,有时还出交通事故,这都使别人受到损害。交通事故使汽车保险、健康保险、医疗费用上涨,没有汽车的人也受其害。汽车造成的空气污染使树木生长受阻,从而使木材、纸张的价格上涨。如此等等。于是公众又会要求政府花费很多钱,用于控制由汽车的制造和使用,以及其原材料的加工所引起的土地、空气和水的污染和退化,这又会使税收增加。

由于这些有害的代价是外部性的,因而未包括进市场价格中,人们一般不把它们与自己使用的汽车联系起来。但作为一个消费者和纳税人,你或迟或早都要担负这些隐形费用。如果你使用一辆汽车,你就把很多外部成本转嫁给社会。你可能不会直接为这些有害活动付出什么,但你和别人都要间接地承担这些代价,形式有高税收、高健康保险、高医

疗费用、环境质量的下降等等。

2. 外部成本的内化

自然资源开发利用所引起的污染、耗竭、退化和废料，虽然其危害也逐渐众所周知，但很少有人愿意改变其行为减少外部成本，这在当前经济制度下无异于经济自杀。设想你拥有一个公司，并且相信污染环境到超出地球自净能力是错误的，你自动安装了昂贵的污染控制设备，而你的竞争者却没有。那么你的生产成本将增加，利润将减少，在与对手竞争中，你将处于不利地位，所以谁也不愿自动减少外部成本。

解决外部成本问题的一般方式是，政府强迫生产者把外部成本的全部或大部包括进经济财货的初始价格中。这样，经济财货的价格就能反映其真实的成本，即内部成本加上其短期和长期的外部成本。这就是经济学家所称的外部成本的内化。

显然，外部成本的内化要求政府采取行动。因为除非竞争者也不得不增加成本去担负外部成本，人们是不会这么做的。这就需要由政府采取强制手段迫使大家都这样做。自1968年以来，政府干预已促进了某些污染外部成本的内化。例如，现在政府法令要求工厂安装设备以减少某些污染物的排放，一些国家(包括我国北京市)也要求汽车必须安装空气污染控制设备。但此类工作还仅仅开始，我们还处在发现新的外部成本的阶段，一些已知的外部成本也还未找到有效的内部化手段。外部成本内化是今后资源与环境管理的根本趋势。

如果我们能将环境污染和资源耗损的外部成本充分内化，以达到更为适宜的污染和资源利用水平，情况会怎样呢？经济增长会重新取向，GNP中的有益部分将增加，而有害部分将减少，有益财货的生产将增加，净经济福利将增加。

另一方面，有些你本来可得到的事物将再也得不到了，因为生产它们的成本将大大增加，而很少有人再买得起了。你所买的大多数东西都会涨价，因为它们的市场价格会更接近其真实成本。但是一切都将明朗化，外部成本再也不是隐形的了。人们会得到经济决策所需的信息。同时约束了消费。

另一方面，这种真实价格也不一定总是很高的，某些东西可能甚至会更便宜。因为外部成本的内化激励生产者通过提高生产效率来减少成本，这样做有助于他们与尚未把外部成本内化的国家中的同行竞争。更重要的事，人类福利和社会健康将得到改善。

既然外部成本的内化如此必要，那么为什么迄今尚未广泛实现呢？原因之一是，大多数有害物品的生产者不愿承担外部成本。另一个原因是，要确定制造和使用某种经济财货的有害后果的价格，这不是一件容易的事。人们对有关的形形色色的成本与效益如何作价，是意见纷纭的。这是资源经济学和环境经济学今后重要的研究方向。

三、资源管理的经济、政策手段

1. 资源保护与污染控制的分寸

大多数人都知道保护资源与改善环境质量的重要性，大家都希望有一个清洁的环境和持久的自然资源基础。但环境应清洁到什么程度？是否应把污染控制的目标定为零污染(zero pollution)？自然资源的保护与开发利用之间如何权衡？能不能因为不可更新资

源正走向枯竭而停止其开发利用？能不能因为可更新资源在退化而使生态系统回复原始状态？为达到保护资源与改善环境的目的，人们愿付出多大代价？愿把自己的生活方式改变到什么程度？这些问题都是需要研究的。

显然，零污染或零损耗既不可行也无必要。以污染治理为例，首先，因为我们做任何事都会产生某种程度的潜在污染物，只要不超过一定限度，自然界有一定的自净能力，可以消化某些废物。问题在于不要破坏自然过程，不要使之退化或使之超载。当然，某些不能被自然过程降解、或在环境中分解很慢的非常有害的产物除外，这些污染物是既不应生产又不应使用的。

其次，对于大多数有害物质来说，达到零污染的代价是非常昂贵的。把空气、水和土壤中的污染物清除少部分，代价一般不会太高。但清除的比例上升时，其单位成本将一再翻番，呈指数增长的J形曲线（图10-2）。

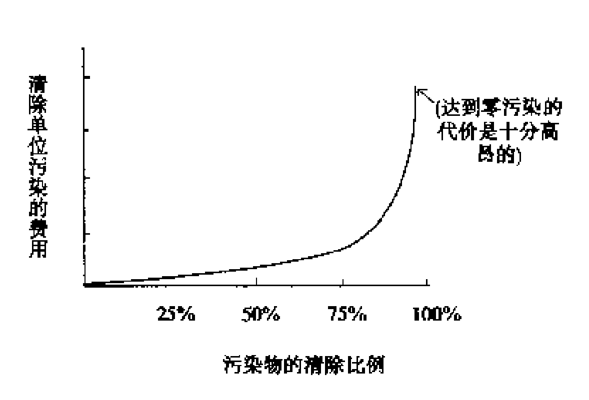


图10-2　清除不同比例污染物的成本指数曲线

例如，美国环境保护局在1972年曾作过计算，若把1971—1981年间全部工业和生活污染物的85%清除掉，将花费620亿美元；若100%清除掉，则至少要用3 170亿美元。也就是说，清除最后15%的代价是清除前85%的代价的4倍。如何掌握这当中的分寸呢？如果我们在治理污染上走得太远，那么其代价会大到超过其有害作用的程度，这可能导致一些企业破产，从而引起失业、减少国民收入。但是如果我们迈的步子太小，那么污染的有害外部成本又会使我们付出比把污染减少到适当程度更大的代价，这会使你和我生病乃至死去。因此，找到一个正确的平衡是至关重要的。

做这件事的基本方法是：绘一条治理污染的估计社会成本曲线，绘一条污染的估计社会成本曲线。然后把这两条曲线综合起来得到总社会成本曲线。第三条曲线的最低点就是允许污染的最适水平（图10-3）。

当然，这个曲线图看起来单纯而简单，问题在于环境保护者与企业家们在估算污染的社会成本时意见会大不一致。此外，不同的地区其最适污染水平也不一样。人多且产业密集的地区适当污染水平应更低些；就酸性沉降来说，某些地区的土壤和湖泊可能比其他地区的更为敏感。

2. 资源保护与环境改善的经济、政策途径

我们在前面已提到，在自由市场经济制度下要防治污染和减少不必要的资源耗损需要政府干预。政府一般可以采取以下干预途径：

①使有害活动非法：通过有关法律法规，制定污染标准，限制有害活动，要求保护某些资源，等等；并用经济、行政手段强制执行这些法律法规，违者罚款。

②惩罚有害活动：对排入大气或水体中的每一单位污染和不必要的每一单位资源耗损征税。

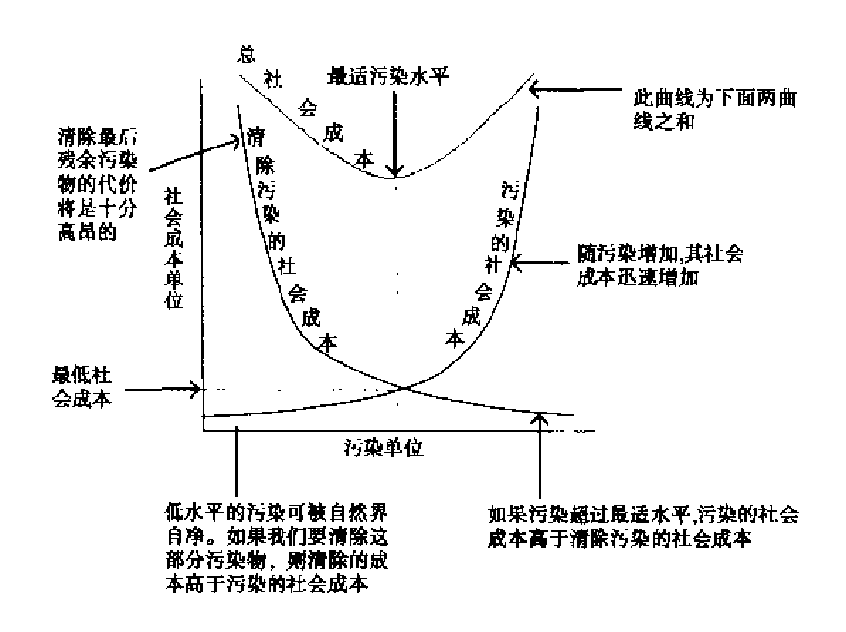


图 10-3　最适污染水平

③使用权商品化;建立市场污染权和资源利用权,出售可允许污染到估计的最适水平的权利,以及对公共土地或其他公共资源开发使用到一定程度的权利;使这些权利商品化,以市场机制加以约束。

④奖励有益活动:以税收所得来鼓励或补贴安装了污染控制设备的企业和个人,奖励那些通过资源重复利用和循环利用、通过发明更有效的加工工艺和设施而减少了不必要的资源利用和耗损的单位和个人。

以上途径在处理环境和资源问题时常常几个并用或全部并用。前三种是让污染者或资源耗损者负担的方式,其实质是将某些或大部分污染和资源耗损的外部成本内化。这对厂家是一种约束,不仅如此,由于内化的成本要转嫁到消费者身上,这些方式会使我们每一个人都直接承担生产我们所消费的经济财货所引起的环境污染和资源耗损的费用,从而也促使消费者约束此类消费,反过来又约束厂家。

大多数经济学家都倾向于第二和第三种方式,因为它们使市场机制发挥作用以控制污染和资源耗损,在使外部成本内化上更为有效。而大多数资源与环境保护主义者主张这前三种方式都结合起来使用。

但这前三种方式也有一些问题。由于污染成本的内化,产品的初始成本会更高,除非开发出更高生产效率的技术。在国际市场竞争中,这就使这些国家的产品处于不利地位。较高的初始成本还意味着穷人被排斥在购买者之外,除非减免他们的某些税收,或从公共资金中拿出一部分给他们补贴。此外,罚款和其他惩罚必须足够严厉,并执行得足够快才能阻止违犯,这就必须建立一支庞大的执法队伍,即使如此也难免挂一漏万。

第四种方式是让纳税人负担,而未将外部成本内化。这会导致污染和资源耗损高于适当水平,污染企业和资源耗损者通常倾向于这一方式,这不难理解。因为这实际上是把外部成本转嫁到他人身上,而污染者和耗损者则能得到最大化的近期利润。而这最终使每个人在经济上和环境上都受到损害。

由于对污染物近期影响和长期影响的信息既不完备又有争议，所有以上四种方式都受到限制。关于如何估计不可更新资源的可得供给，如何估算可更新资源的持续产量，也存在争论和不同算法。这四种方式都要求大大加强环境监测，以决定其效果如何。此外，为抓住反耗损和反污染法的违法者，也需要进行广泛的监测。总之，我们需要作大量研究工作和监测工作以取得更完备的信息，但我们很难做到这点。缺乏信息会使我们在努力减少污染和资源耗损时犯错误。但若听之任之，那么从长期看我们将受更严重的危害和付出更大代价。

上述控制污染和资源耗损的方式还有另一个问题，即潜在的国际经济讹诈。跨国公司都以一国为基地，但在很多国家经营。如果在一个国家为控制污染或保护资源要支付的成本太高，跨国公司会关闭在该国的工厂，而在环境和资源法规不太严格的国家开新厂。这意味着资本、就业机会、税收等的转移，当然也意味着环境污染和资源耗损的转移。但是政府不能用这种经济讹诈作为不过问资源和环境问题的借口。既然很多此类问题都涉及区域和全球，各国政府必须着手制定全球政策。目前这方面已有了进展，例如近年来成立的"政府间气候变化委员会"（IPCC），1992 年巴西里约热内卢联合国环境与发展大会上通过的《保护生物多样性公约》、《森林公约》、《保护大气层公约》、《环境与发展宣言》、《21 世纪行动议程》，以及即将通过的《土地荒漠化公约》。

以上四种政府干预的方式还有其他一些优点和缺陷，总结如表 10-1。

表 10-1　资源保护与环境改善途径的评价

项目	优点	缺陷
政府法规	有助于使污染和资源耗损保持在某种水平之下；使某些外部成本内化；各地污染物排放和资源循环利用的标准一致，防止污染者和资源耗损者转移到国内低标准地区；让企业自由地决定如何满足标准；鼓励发明和开发新的污染控制和资源保护技术；对于家庭生活引起的污染和资源耗损（如私人汽车、家用炉灶），这是惟一有效的方式；比其他方式更易于在立法机构通过	要求所有污染排放者和资源耗损者满足同样的标准，这只能使少部分成本内化；未考虑各地环境自净能力的差别；要求所有生产者使用同样的控制技术，这不利于更好和更便宜的污染控制和资源保护技术的开发；使无足够资本安装新设备的小生产者破产停业；标准倾向于是可执行的而不是最适当的；污染者遵从法规后对任何损失和违害皆不负责，这有失公允
污染排放税和资源使用税	若征税额接近估计的外部成本，则各种外部成本都得以内化；鼓励生产者把污染和资源耗损减少到最适水平；增加税收岁入而不是让纳税人负担外部成本；由于污染者要承担违害和损失的代价，因此是公平的；有利于自觉服从	在确定正确的收费水准时可能要经反复试行，也可能产生误差；若税收不能自动随通货膨胀，则通货膨胀会导致污染和资源耗损的某种增加；很难在立法机构通过
污染权和资源使用权	鼓励生产者把污染和资源耗损减少到最适水平；环境和资源保护团体可以购买和持有这些权利来保护脆弱地区，增加税收岁入而不是让纳税人负担外部成本；通货膨胀会自动提高这些权利的价格，从而使污染和资源耗损不致上升让市场来设置税收	需要广泛的监测和强制执行，以确保未购买这些权利的人不污染环境、不使资源退化和耗损
经济奖励	减少生产成本并可得较高利润，使商品价格保持低水平，改善国际市场上的竞争	不能使外部成本内化；生产者倾向于为取得津贴而游说以增加其产出，而不是保护资源和改善污染控制；用去税收岁入而不是创造税收；津贴常常给予那些有影响的人和企业；当不再需要时难于中止；占用其他用途的财政支出

第三节　经济分析的基本假设

正如大多数理论概念一样，经济学理论也是建立在若干基本假设基础上的。指出这一点很重要，因为有关理论的合理性总是取决于作为其前提的那些假设的合理性，不切实的假设很容易产生错误的理论。因此，永远需要用现实的眼光来检验理论，根据它们在解释实际问题中的作用来评价它们的价值。

经济分析中一个最重要的假设是：人是一种理性存在，其行为方式总是合理的和符合逻辑的。由此派生出其他一些假设，其中最重要的两个是：人通常力图使其利润达最大；价格支配资源的配置。

在详细讨论这两个基本假设以前，应当指出：经济分析常常还须作出其他一些假设。在经济分析中，常常有"其他条件相同"这个假设，经济学中很多结论都是以这个假设为基础通过因果推理得出的。例如，按需求运动规律，可得出一个结论："若其他条件相同，人们在较低价格水平下购买的某种货物会比在较高价格水平下购买的更多"。这里的"若其他条件相同"就假设：①消费者的收入或口味无显著变化，②其他货物的价格无变化，③买者预期此货价格不会再降低，④市场上没有此货的更好替代品，⑤不存在炫耀价值（摆谱，显示身价）(prestige value)的情况，这种情况会使购买者只是因为价高而买这些货物。实际生活中这些假设并非都切实，至少不可能同时切实。由此可见经济分析中的假设的性质，分析过程中对此必须心中有数。

经济分析中还常常有另一些假设，例如"买方与卖方相互充分了解，因此有一种完善的自由竞争"，"货物和生产要素具有充分的流动性"，"生产要素的充分弹性供给"等等。这些假设通常都不切合实际，但它们确实能提供某种人为的"实验室"气氛，可用作一种手段，以使大多数因素保持不变从而将注意力集中在对于解释经济社会行为具有重要意义的特殊因素上。

1. 利润最大化

在大多数经济活动中，人们都追求利润最大化。企业家把生产推向最优水平，农民力图把各种生产要素结合得能够得到最大收入，工人要求得到凭其劳动所能得到的最高工资……如此等等。现实生活中的此类实例证明个人自我利润最大化这个基本假设是合理的，也是重要的。但还必须看到，人们既强调严格意义上的经济利益，也追求非经济的目的；人类行为既为货币报酬所激励，也为获得精神满足和闲暇时间、保证安全、实现自我价值等所促动。这两方面的倾向如何，以及倾向到什么程序，在人与人之间是有差别的。认识到这点很重要，因为在自然资源开发利用中人们的这种倾向关系到开发利用的经济效益、生态效益和社会效益之间的协调平衡。

由于影响收益的因素既多又复杂，因此要追求经济利益最大化就要求人们具有完备的知识和远见。如果人们能够事先预测什么样的经济决策和什么样的生产要素组合能得到最大利润，那么最大化的问题就会变得很简单。然而，人们一般没有这种能力，风险和不确定因素常常使即使制定得最好的计划也会失败，经营者在其经济前程中很难有完全的安全感。因此实际上大多数人都不得不在某种程度上的黑暗中摸索，其决策并非完全

有把握,必须准备承受好的或坏的后果。人们对这种情况的反应是非常不同的,一些人倾向于冒险,他们或许能成为暴发户,也可能彻底破产;另一些人则强调安全,他们常常采取保守行为,满足于虽然陈旧但经过检验是有把握的策略。这种区别对于自然资源开发利用决策有重要作用。

在现代自然资源开发利用中,决策至关重要,不同的决策会有不同的后果。决策过程要获得成功决无简单公式,即使是最老练的决策者也要准备接受失败。但经验证明,大多数成功的决策都能在大胆冒险与过分保守这两极端之间找到某个平衡点,从而使其开发利用的收益达最大,同时又力图使潜在的损失达最小。这就是经济学中的"最小化最大(minimax)"概念。遵循这种策略,决策者采取向前看的立场,在决策前仔细地考虑和权衡各种既成事实,他们承担一定风险的能力和愿望使他们要摆脱惰性政策,同时他们的经验和直觉又使他们与冒险决策保持某种距离。这种中性决策常常产生不够壮观的资源开发活动,但其收益既合理、负作用也少。

2. 价格与资源配置

在市场机制下,人们愿意支付的价格通常决定谁得到什么和得到多少。如果资源的供给相对于当前需求是短缺的,那么人们通常可以通过支付比他们的竞争者更多的钱来获得资源以保证其需求。另一方面,对资源需求的上升又常常导致价格上涨,这又会刺激资源的供给。因此,在整个经济学思想中都充斥着"价格支配生产并决定资源配置"这个一般假设。在自由市场条件下这个假设是完全符合逻辑的,没有哪一个有经济头脑的人会以低于他所能得到的报酬来出售他的产品、资源或劳务;自然资源的使用权一般属于那些能够抬价并支付最高价格的买主;土地资源通常被引向那些博得最高市场价格并提供最高纯收入的用途,而很难分配给那些产品没有适当市场保证的用途;价格水平的上升常常有利于将低丰度或通达性差的自然资源投入使用,并增加已利用土地的集约度;反之,价格水平的下降则导致低效利用,有时甚至使自然资源荒废。

虽然在自由市场条件下价格倾向于支配资源配置,但在很多场合里其他一些因素也会起作用。例如,需求者不了解行情,他的消费习惯,他的炫耀性虚荣,非货币报酬最大化等因素,常常使价格不能发挥配置资源的正常作用。再如,按照公认的分配公平的原则,不能只把资源分配给富人,而应当让支付不起的穷人也享有一份权利,这又使价格不能支配资源,面需用某些改良措施达到公平。这样,政府补助、社会救济、福利计划、慈善机构等常常使那些在开放市场上难于得到资源使用权的人得到资源。政府的税收政策、投资倾斜也会对资源配置产生显著影响。此外,商人们有时会限制稀缺商品的销售额,即使这种商品的价格已不低;政府在紧急状态期间(例如战争、灾荒)也常常实行配给制并控制价格暴涨。所有这些,都会对资源配置发生作用,但价格仍然是支配资源分配的最重要经济机制。

第十一章　自然资源的供给与需求

上一章提到“稀缺就是相对于需求数量上的不足”，也就是供不应求，就自然资源总的供给与需求来看是如此。但就某一时段和某一范围来看，供给和需求的关系还不简单的就是“供不应求”，它们处于经常的矛盾活动之中，常出现供需不协调。自然资源供需不协调往往会导致国民经济结构失衡，也会导致自然资源的破坏和浪费，甚至会引起社会的动荡不安。所以调节自然资源的供需矛盾实为社会经济发展中一个非常重要的方面。在协调自然资源的供给和各种需求时，必须遵从经济规律、自然规律和社会控制原理，指导自然资源利用达到经济、生态、社会三方面效益的总体最优。由于我国社会主义商品经济秩序尚不完善，自然资源利用并没有真正为经济所调节，因此在调控中尤其应研究如何用经济规律指导自然资源利用。而在有关的经济规律中，供给和需求是一对非常重要的概念，供求分析是确定资源的合理投入利用、平衡供需矛盾的一个重要手段。

第一节　经济学的供给和需求概念

1．供给

供给是卖者在某一时间、一定价格条件下愿意并能够出售的产品、资源或劳务的数量。供给量(Q)一般随价格(P)的升高而增加，随价格的下降而减少，这称为供给的运动；供给的运动构成供给曲线(S)(图 11-1)。价格变动引起供给的相应的变动率称供给弹性。凡某物的价格有轻微变动就引起供给的大幅度增减，则称富弹性的供给；反之，某物的价格虽大起大落，但该物的供给不变或仅有微小变化，则称无弹性的供给。供给弹性在供给曲线图上表现为曲线的曲率或斜率。

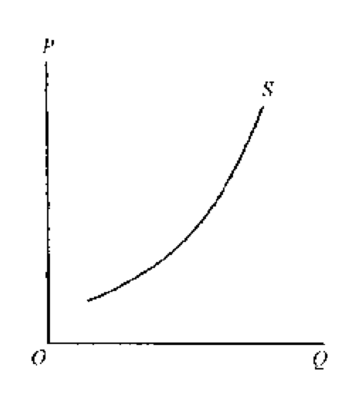


图 11-1　供给曲线图

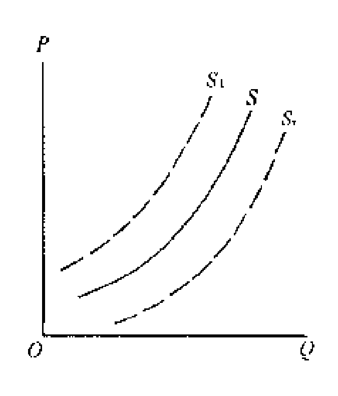


图 11-2　供给的移动

实际上还有一些其他因素也影响供给。首先，投入成本增加(或减少)会使卖者在某一价格水平上减少(或增加)供给量。其次当有关商品的价格变化时，供给量也会发生增减。例如，一个可以生产两种产品的工厂，在一种产品的价格下降时会减少这个产品的生产而增加另一种产品的产量，这后一种产品的供给就不是由它本身的价格而是由前一种产品的价格影响而增加。再次，卖者会出于谋取利润以外的其他动机而增减供给。所以，在某一价格水平上，其他因素会使供给增加(供给曲线右移，S_r)或减少(供给曲线左移，S_l)，这就是供给的移动(图 11-2)。

2. 需求

需求是买者在某一时间、一定价格条件下愿意并能够购买的产品、资源或劳务的数量。需求量(Q)一般随价格(P)的上升而减少，随价格的下降而增加，这就是需求的运动，它构成需求曲线(D)(图 11-3)。价格变动引起需求的相应的变动率称需求弹性，它在需求曲线图上表现为曲线的曲率或斜率。

实际上也有另一些因素影响着需求。首先，需求者对某种产品或劳务之偏好的增强(或减弱)会使需求增加(或减少)。其次，需要者人数和支付能力的上升(或下降)通常会使需求上涨(或下落)。再次，代用品价格的提高(或降低)将引起需求的增加(或减少)；附属品(如汽油之于汽车)的价格上升(或下降)将导致需求减少(或增加)。所以，在某一价格水平上，其他因素会使需求增加(需求曲线上移，D_u)或减少(需求曲线下移，D_d)，这就是需求的移动(图 11-4)。

自然资源是最基本的生产资源和生活资料，它的供给和需求也符合一般供求规律。但自然资源有独特的基本特性，因而其供给和需求也有特殊的表现。

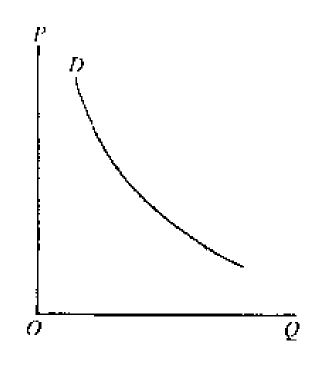


图 11-3　需求曲线图

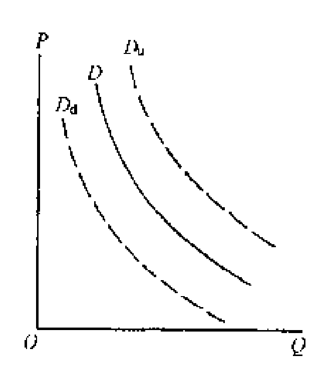


图 11-4　需求的移动

第二节　自然资源的供给与需求

一、自然资源的供给

1. 自然资源的自然供给

这是指实际存在于自然界的各种自然资源的可得数量。全世界的自然资源总数量是固定的，既非人力所能创造，也不会随价格和其他社会经济因素的变化而增减。以土地

为例，地球的表面积约为 5.1 亿 km^2，其中海洋占 70.9%，合 3.62 亿 km^2；陆地占 29.1%，为 1.48 亿 km^2。人类生活在陆地上，但不是陆地上的所有地方，凡适于人类利用的陆地必须具备下列各项条件之一或全部：①自然条件适宜人类生产生活和动植物生长；②有可利用的资源（土壤、水、动植物、矿物等）；③具有可通达性。因此，陆地上有很多部分是人类不能利用，至少是按现在的能力无法作一般利用的，如永久冰封地、荒漠、极高山等。此类土地共占陆地总面积的 50.1%，所余可利用的土地只有 7 529 万 km^2，这就是全世界的土地自然供给。而目前世界人口已超过 60 亿，土地的绝对稀缺已臻明显，引起全球性的人口、资源、环境、粮食四大问题。

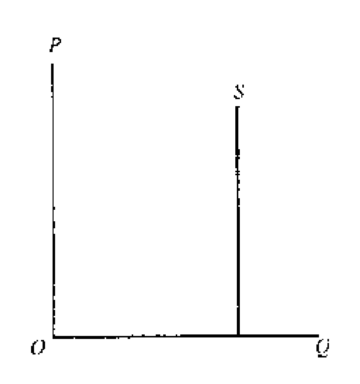


图 11-5　自然资源的自然供给

就某一国家或某一区域而言，自然资源的自然供给一般也是固定。由于土地的不可移动性，不可能从别处搬来土地以增加本国或区域的土地供给。所以，无论就某一区域或全世界而言，多数自然资源的自然供给总是毫无弹性的供给（图 11-5）。

就某一种用途的自然资源而论，有时也有自然限度的问题。例如耕地只能是水热条件合适、有一定厚度的土层、坡度不太大的土地；种植橡胶的土地只能在热带，矿产地只能在有矿藏的地方，等等。此类专门用途的自然资源，其自然供给也不会随价格和其他社会经济因素的变化而增加，也是无弹性可言的。相反，由于其他用途（如建筑）的挤占和自然毁损（如沙漠化和水土流失），矿产地则由于不断的采掘，此类供给还有减少的趋势，其供给曲线将会左移。自然供给左移造成资源的自然耗竭。

2. 自然资源的经济供给

由于自然资源的多用性，往往可以用于多种目的，可以作为多种用途的供给。于是各种资源利用之间经常互相竞争和相互替代，当某种用途的需求增加，该用途的收益提高时，原供它用的自然资源必有一部分会转作该种用途，使其资源的供给量增多，但不会超过其自然供给。这种在自然资源的自然供给范围内，某用途的资源供给随该用途收益的增加而增加的现象称自然资源的经济供给。

自然资源的经济供给是有弹性的供给，但供给弹性的大小除其他因素外还看接近自然供给极限的程度而不同。这可用自然资源经济供给曲线图（图 11-6）来加以说明，图中 S_p 为自然资源自然供给曲线，S_e 为自然资源经济供给曲线。在远离自然资源自然供给极限时，自然资源经济供给的弹性较大，供给价格的轻微变化就会引起供给量的较大变化。随着供给量的增加，优等自然资源不断投入使用，所余自然资源的质量越来越差，开

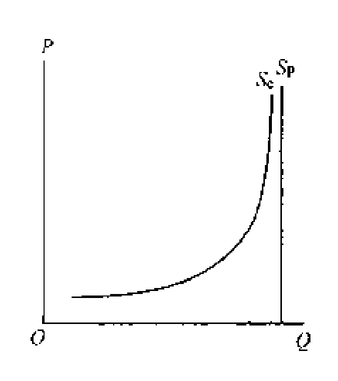


图 11-6　自然资源的经济供给

发新自然资源的成本越来越高，经济供给越来越接近自然供给极限。这样，供给弹性越来越小，即供给价格越来越高而供给量的增加越来越少。当达到自然资源自然供给极限时，自然资源的经济供给也就毫无弹性了，这时供给价格再有大幅度的提高也不能增加供给量。

自然资源经济供给的弹性大小在不同利用上也是有差异的，例如用作建筑基地的土地，因其所需数量相对较少，受自然条件的限制又不太严格，故经济供给的弹性较大；林业用地、牧业用地对自然条件的要求较低，经济供给的弹性也较大；而矿产地和某些特殊作物用地则受严格的自然条件限制，其经济供给的弹性就比较小。

在自然资源自然供给的范围内，影响自然资源经济供给的因素是很多的，其中重要的有：

(1) 对自然资源的需求。需求越大，价格越上升，促使供给增加；反之，需求小从而需求价格下降，促使供给减少。

(2) 自然资源的自然供给量。如上所述，自然资源的经济供给只能在自然供给限度内变动，这个规律从生产成本角度看就意味着：当适宜于某种用途的优等自然资源相继投入使用，余下等级较低的自然资源时，要增加自然资源的经济供给必将付出更多的边际成本。

(3) 其他用途的竞争。自然资源具有多用性，当其他用途的供给价格提高从而供给量增加时，对该用途的自然供给必有减少的趋势。这里必然包含着机会成本，即一种用途的自然供给价格也取决于将同样的自然资源用于另一种用途时的价值。

(4) 科学技术的发展。当自然资源利用的科学技术发展到一定程度时，原不能利用的自然资源变得可以利用，或原来利用成本大高的自然资源可以降低利用成本，从而使自然资源的自然供给曲线右移，自然资源经济供给远离自然供给限制而增大了扩展的可能性。此外，科学技术的发展不断创造出可以取代自然资源产品的新材料，如化学纤维代替棉花，则该项产品会退出(或减少)资源利用，从而增加了其他用途的资源经济供给。

(5) 自然资源利用的集约度。自然资源利用的集约度越强，自然资源的供给价格越高，自然资源利用率越高.自然资源经济供给也就随之增加。由于报酬递减律的作用，自然资源利用集约度不会无限制地增强，在经济效益方面，它应当符合生产要素合理投入的原理，即资源利用的集约程度应使边际收益等于边际成本。这时的集约度在土地利用上称精耕边际。

(6) 交通条件的改善。这使原来由于通达性不够而未投入使用的自然资源易于接近，或降低了运输成本，因而增加了自然资源的经济供给。

(7) 政府政策与公众舆论。政府通过法律、法规、规划以及有区别的税收、投资、信贷和价格政策，可以促进或抑制自然资源的经济供给。公众舆论往往是促使政府采取有关政策的动因，它本身也起着促进或抑制某些用途的经济供给的作用。

二、自然资源的需求

自然资源的需求也有自然的和经济的两种概念。自然资源需求的自然概念是指人们对自然资源的需要(或欲望)；自然资源需求的经济概念则是指人们对自然资源的需要和满足这种需要的能力，称自然资源的有效需求。

1. 自然资源的需要

人们对自然资源的需要固然与生存的需要关系最为密切，人们需要自然资源来提供维持衣食住行的资料和生产生活空间；自然资源的需要与心理的需要也不无关系，例如，人们需要自然资源来保障未来的生活，需要娱乐、休闲的地方和设施，需要土地所象征的权利，需要土地所有权或使用权所带来的安全感、稳定感和社会威望，等等。

从需要(而不是满足需要的能力)来看，人的欲望通常被认为是无穷的，这些欲望一个接一个地产生，前一种需要一旦得到满足甚至只部分得到满足，就会产生后一种需要。对自然资源的需要也是如此。就人类总的需要而言，人口在不断增加，人们还总想得到更多更好的食品和其他生活资料，希望有更充足的住房，更好的教育、娱乐、交通设施，因而对自然资源的需要有无限扩大的趋势。就个别生产者而言，总希望尽可能多地占有自然资源来弥补其他生产要素(资金、劳动、管理)的不足。因此，自然资源的需要具有无穷大的弹性，即在一定供给价格水平下，总希望自然资源越多越好。

但人们对自然资源的需要程度仍随时代和地区而有所不同，决定这种需要程度的大小有下列几个基本因素：

(1) 人口及其生活水平。人口数量越多，对自然资源的需要越多，人口年龄构成、职业构成和性别构成对消费结构、产业结构和住房户数等有一定影响，从而影响到自然资源的需要。社会物质文明越发达，人们对食物的要求越精，对住房的要求越高，对能源的需要越多，对娱乐地和社会文化设施的需要也越多，因而对自然资源的需要越增加。

(2) 自然资源本身的品质。品质恶劣到毫无利用价值的自然资源，自然无人需要。自然特性和区位条件更优良的自然资源，利用价值越高，人们对它的需要就越大。

(3) 技术进步。在人类的采集和渔猎时代，人们不懂耕作，虽有肥美耕地也无人需要；随着耕作技术的产生和进步，农业不断发展，人们对耕地的需要也就越来越大。蒸汽机的发明导致工业革命，于是对煤和其他矿产资源的需要骤然增加，并激发了城市的增加和扩展。随着钢铁、石油的冶炼和加工技术的进步，对铁矿、油矿的需要也越来越大。技术进步也可减少对某些自然资源的需要，例如上文提到的合成纤维的发现减少了对植棉地的需要，又如合成染料的发展减少了对种植靛青(蓝色天然染料)和茜草(红色天然染料)之用地的需要，拖拉机等农业机械的发展减少了对维持畜力所需的饲料地的需要，等等。

(4) 产业发展。二三产业的发展增加了对城镇用地、工矿用地、交通用地等的需要。另一方面，产业发展还可增强国家或地区的外贸能力，就能进口粮食、木材、矿产等资源产品，从而减少对本地区耕地、森林、矿产的需要。

2. 自然资源的有效需求

满足需要的能力是有限的，无能力满足的需要是一种无效需求，供求分析主要研究有支付力的需要，即有效需求。自然资源的有效需求一般随价格的上升而减少，随价格的下降而增加，这与一般商品的需求规律相同(图 11-3)。

影响自然资源有效需求的因素还有：

(1) 自然资源的经济供给。经济供给越充分，供给价格将下降，有效需求将增加；反

之，供给价格上升，有效需求将减少。

（2）自然资源的需要。自然资源的有效需求显然以自然资源的需要为前提，若无需要，再大的支付能力也不能构成有效需求。如上所述，自然资源的需要与地区人口和产业发展有关，因此自然资源的有效需求必须联系地区经济、社会发展战略来考虑。

（3）需要者的支付能力。当这种能力提高，自然资源的有效需求一般会增加；反之则减少。

（4）自然资源与其他生产要素的比价。按照经济原理，生产者必须将他的支付能力合理地分配给各个生产要素。于是他对各个生产要素的有效需求将遵循均等边际原则，使支付能力的分配在每一种生产要素上所获得的边际报酬大致相等，从而各生产要素所获得总报酬才能达最高。这样，若自然资源价格相对于其他生产要素价格越低，对自然资源的有效需求就会越多；若这种比价越高，则对自然资源的有效需求就会越少。

（5）自然资源产品与其他产品的比价。与上同理，消费者也应当遵循均等边际原则，将他的购买力合理地分配于衣、食、住、行等各个方面。因此，自然资源产品无论是作为生产要素还是作为消费物资，当它的比价过低时，对它的需求会增加，从而导致生产初级产品的自然资源的有效需求增加；反之，若初级产品比价过高，则对它的需求相对减少，从而导致生产它的自然资源的有效需求减少。同理，各种初级产品之间比价的高低，也会导致对某种资源的有效需求的增减，例如我国近年来大量耕地改作果园、鱼池等，就是因为果品和鱼的价格相对于粮食价格过高的缘故。

（6）自然资源利用集约度。以土地为例，当土地利用尚未达到精耕边际时，增强集约度比开辟利用新土地更为有利，这时土地的有效需求一般不会增加。当土地利用已达到或超过精耕边际时，再增加集约度就使边际成本大于边际收入，对生产者是得不偿失的，这时应开辟利用质量较低的边际土地，故土地的有效需求将增加。

三、自然资源的供需矛盾及其平衡

1. 自然资源的供需矛盾：以我国土地资源为例

我国土地总面积约为 960 万 km^2，其中沙漠、戈壁（岩漠）、裸露石山、寒漠、永久冰封地等占了近 20%，除此以外可以利用的土地只有 770 万 km^2 左右。而我国人口已超过 12 亿，土地绝对稀缺的问题非常突出。

我国可耕地面积仅占国土总面积的 13.9%，即 133.5 万 km^2（约合 20 亿亩）；目前已耕 19.2 亿亩（其中约有 1 亿亩不宜耕，应退耕还林还牧），人均 1.6 亩，大大低于世界平均水平（4.5 亩）。我国耕地的经济供给已接近自然供给极限，而据估计，到 2050 年各项建设还将占用耕地 2 亿亩，沙漠化、水土流失等自然灾害将毁损耕地 1 亿亩，再加上退耕还林还草的 1 亿亩，共将减少耕地 4 亿亩；这期间尚可开发宜农荒地 2 亿亩，那时我国只有耕地约 17 亿亩，而人口将达 18 亿，人多地少的矛盾将进一步加剧。

我国城市中平均每人用地水平为 73 m^2，而国外一般超过 200 m^2。我国城市人口高度密集、用地超负荷的状况直接限制着生产的发展以及居民生活和城市环境的改善。而人口城市化的必然趋势还将进一步加深城市用地的供需矛盾。目前的城市用地水平急待适当提高，新增加城镇人口又必然扩展城市用地；这些一般都要占用耕地，而且多为优良

耕地。因此，人口与耕地的矛盾会更尖锐，这反过来又会限制城市土地供需矛盾的缓解。

我国旧经济体制下土地使用制度和土地管理的若干弊端又人为地加剧了土地的供需矛盾。其中最突出的问题是土地无偿无限期使用，造成土地有效需求的恶性膨胀，土地用户尽其可能地扩大占地和占用好地，土地利用中无视经济效益，造成土地资源的破坏和浪费。此外，土地产品的比价偏低，不利抑制土地有效需求，还使非农用地侵占农业用地的趋势愈演愈烈；土地利用由部门分散决策、缺乏综合平衡，使某种用地供需矛盾的缓解必然以其他用地供需矛盾的加剧为代价，因而各部门之间的争地矛盾十分尖锐。

2. 自然资源供需平衡的经济机制

在商品经济条件下，一般商品的供给与需求受供求定律的支配。需求大于供给，价格将会上升；需求小于供给，价格将会下降。这种关系可用图 11-7 来说明：当价格为 P' 时，需求量为 Q'_2，供给量为 Q'_1，供过于求，过度供给量为 $Q'_1 - Q'_2$，这将导致价格下降。若价格降至 P''，则需求量为 Q''_2，供给量为 Q''_1，求过于供，过度需求量为 $Q''_2 - Q''_1$，这将导致价格上升。上述两种情况都是不稳定的，只有当价格为 P_0 时，供给与需求才会达到平衡，从而存在一种稳定状态。此时的价格称均衡价格，此时的供求数量称均衡数量。

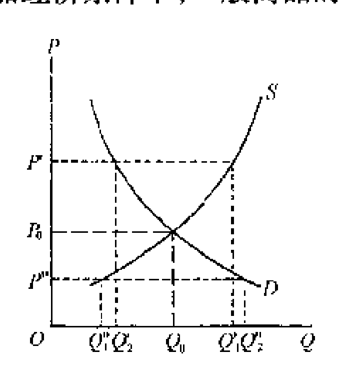


图 11-7　一般商品的供需平衡

以上就是亚当·斯密所说的“看不见的手”在指挥着经济活动。自然资源利用作为一种经济活动也不例外，尽管自然资源有区别于其他商品和生产要素的特点，其供给与需求平衡的基本经济机制仍服从这一原理。如前所述，对自然资源的需要有无限扩大的趋势，而自然资源的供给是受限制的，所以自然资源的供需矛盾一般不能通过扩大供给来解决，只能从控制需要上入手。使用价格杠杆，把自然资源的需要转化为有效需要（即有支付能力的需要），使之不致无限扩大而服从供求定律，就能有效地平衡自然资源供需矛盾。因此自然资源供需平衡的关键在于价格，在于收取资源使用费，使资源使用者必须付出足够的代价。

但自然资源价格或使用费的决定，价格在平衡供需矛盾中的作用，与一般商品的情形又有所不同。

首先，一般商品的供给量和需求量两者都处在经常变动之中，供给和需求的共同运动达到均衡，从而决定了价格。但很多自然资源例如土地的供给量通常不易变动，其自然供给绝对固定，其经济供给虽可变动但很受限制，因此自然资源的价格常常是由需求单方的运动决定的，需求越大，价格越高。反过来看，一般商品的供需矛盾可以通过扩大供给和约束需求两条途径来解决；而自然资源的供需矛盾常常只有通过约束需求一条途径来解决；价格越高，越能控制需求、平衡供需矛盾。自然资源的这种供求关系如图11-8。

第二，一般商品的价格通常以生产成本为基础，任何一种商品的供给价格决不能低于其生产成本，更准确地说，生产任一种商品的边际成本决不能低于边际报酬，否则生产

者势必停止生产或减少产量，直到产生求大于供的形势，迫使价格上升。所以生产成本总是决定商品价格的主要因素。而自然资源则主要是自然的产物，没有生产成本，因而其价格中一般不包括生产成本的因素，自然资源的价格以其价值为基础。

第三，一般商品的价格较易于确定，也有客观标准可依，例如以生产成本作为估价基础，或以标准化了的等级定价。但自然资源既无生产成本，其等级的确定又涉及非常复杂的自然特征和社会经济条件，因此自然资源价格的确定是非常复杂的事情，还免不了带有一定的主观推断成分。

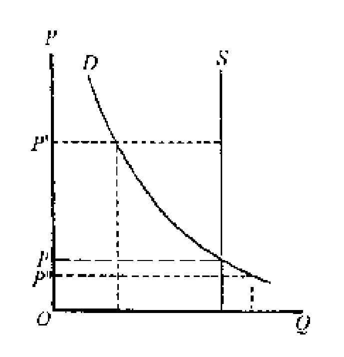


图 11-8　自然资源的供需平衡

第四，一般财物都有折旧的情形，故其将来的价值总是低于现值。但自然资源会越来越稀缺，又具有生产能力的持久性，所处的社会经济条件还总会不断改善，因此不会折旧反会增值；同时人们对自然资源的需求日益增长，更使自然资源的将来价值常比现值为高。从图 11-8 上看，需求曲线会上移，自然资源价值是看涨的。现在价格又会受将来增值涨价的影响而提高。

第五，一般商品都有统一的市场价格，也可通过价格来竞争市场。而有些自然资源如土地因其位置固定，功能又不可替代，其价格在当地具有垄断性而无竞争性，而垄断性地价可以更严格地控制需求。

可见，通过足够高的价格来约束需求，从而达到供需平衡，这在自然资源利用中比其他经济活动中更有必要，也更为有效。

3. 缓解自然资源供需矛盾的途径

自然资源供需平衡的核心问题是有价或有偿使用，但针对上文所述影响自然资源供给与需求的因素，还可以通过下列途径来缓解自然资源的供需矛盾。

(1) 控制资源的自然需要。降低人口数量和生活水平可以减少对自然资源的需求。我国人口数量在近期不可能降低，但其增长速度则应该也可能控制在一定水平内。按我国自然资源在当时技术、经济条件下的人口承载力，人口数量在 2000 年应不超过 12 亿，2050 年应控制在 18 亿以下。但目前我国仍旧过高的人口增长率趋势如不能抑制，则 2000 年人口将达 13.2 亿，2050 年将超过 20 亿，自然资源更加不能满足需求。因此，控制住人口增长率实在是非常紧迫的任务。此外，还必须立足于我国资源条件所能生产的产品来引导人们的消费。我国人口与土地的状况不允许人们享有发达国家的生活水准，我们只能争取在目前水平上逐步有所改善。其实，我国人民“五谷为养，五果为助，五畜为益，五菜为充”的膳食习惯比西方国家的“肉食为主”远为高明，以至西方的一些营养学家已认识到应向东方的食物结构学习，我们为什么还要盲目地向“肉蛋奶”、“高消费”引导呢？

(2) 充分合理地利用资源。最大限度地提高自然资源的利用率，以有限的资源尽可能地满足人们的需求，是缓解资源供需矛盾的一个重要方面。首先要因地制宜、扬长避短

地确定最优资源利用方式,使资源的自然特性和经济、社会条件得到充分发挥,并得以永续利用。其次应争取使资源利用达到最适经营规模,以利资源利用专业化和使用大型生产设备,提高资源生产率;并使副产品得到充分利用,生产、购销费用得以减少。再次应加强资源利用的集约度。例如,目前我国有中低产田11亿亩,占耕地总面积的70%以上,一般都远未达到精耕边际,增加这部分土地的投入,可以大大提高平均单位面积产量,也就相当于大大增加了耕地的经济供给。

(3) 发展其他产业,尤其是科学技术和文化教育。加工产业和科学技术的发展,一可增加制成品和劳务的出口换汇,以扩大初级产品进口,相当于扩大了本国的自然资源供给;二可提高资源利用技术,加强投入,增加资源利用效率,也相当于增加了资源供给;三可发现并生产自然资源替代产品,从而减少了有关用途的资源需求,增加了其他用途的资源供给。这些都有助于缓解我国自然资源的供需矛盾。而发展教育,提高资源利用者的素质,学会科学用地,了解自然资源供需矛盾的尖锐性从而能自觉地珍惜、合理地利用自然资源,更是缓解自然资源供需矛盾的根本大计。

(4) 开发处女地。有些自然资源本来在自然供给限度内,但由于经济能力不足或政策等原因尚未投入使用。我国有大片荒地5亿亩,零星闲散荒地1亿亩,其中宜农的分别有1.2亿多亩和0.5亿亩,其余的或宜林、或宜牧、或宜建(建设用地)、或宜渔。充分合理地开发这部分可利用的处女地,可在一定程度上扩大土地的经济供给。还有些土地虽不具备自然供给的全部条件但只要克服关键限制因素,就能适于生产、生活利用,例如滩涂围垦、积水地排涝、干旱区引水、陡坡梯化、边远土地改善交通、废弃地复垦等等,都能增加土地供给。

(5) 理顺资源产品价格。自然资源利用的一个基本经济原理是:当资源产品的价格上涨到足以补偿所增加的资源经营费用时,尚未利用的自然资源将投入使用,已利用的资源将增加集约度;也就是说,资源利用的集约和处女地的开发都以资源产品价格的上涨为条件。然而,我国资源产品价格过低,经营资源开发利润微薄乃至入不敷出,自身无力进行投资扩大再生产,集约和开发就失去了经济支持;同时还人为地扩大了对资源产品的需求。两方面一起,使自然资源的供需矛盾有增无减。因此,从战略上看,农产品、林产品、矿产品等的价格必须合理调整,虽然这样做会影响加工业产品的价格构成,但也不能因噎废食。相反,要以理顺资源产品价格去促使加工业减少浪费、提高生产效率;同时要与利税、财政等改革配套进行,尽可能减少对市场物价的冲击。

(6) 强化自然资源利用的社会控制。政府应加强自然资源管理,通过法律、规划和有区别的税收、投资、信贷、价格等政策来抑制那些不符合经济、生态、社会总体效益最优原则的资源开发利用,促进符合该原则的资源开发利用。一个紧迫的任务是尽快完成大比例尺图的资源调查、资源评价和资源规划,并逐步建立各级资源信息系统,以对当前和未来的资源供给和需求做到心中有数,方能有效地引导和控制资源的供需平衡。同时,还应加强资源利用的舆论监督和引导。

第三节　自然资源供需平衡分析实例

1. 水资源市场

水资源分配问题越来越重要,尤其在缺水地区。例如我国北方普遍缺水,为确保重

点城市和地区的供水，采取了“引滦入津”、“引黄济青”之类的工程措施重新分配水资源。对这些工程是有争议的，天津人和青岛人受益，他们说工程好。但沿滦河和黄河地区的人本来就缺水，现在又被调走一部分水，他们说工程不好。到底如何？可以用供给、需求和市场均衡的原理加以分析。

(1) 水资源供给分析

一定区域内水资源的供给，在任何时候都可以看为一条垂直线，其供给是完全没有弹性的。也就是说，水资源的总量是一定的，其供给不会随水价的变动而涨落。水资源供给的这种垂直线的位置依赖于一组复杂的水文因素(降水量、径流模数、河流系统的容量、地下水、蒸发和渗漏等等)；也依赖于水利工程的建设和运行，它们可以提高蓄水能力，调节供水的时空分配。显然，这样的供给系统在短期对水的需求价格的变动不会有什么反应。所以一般可以把它看成是一条没有弹性的供给线。

通过建造新的蓄水和供水系统，可以使曲线右移，但这也有限度，当最好的坝址已都被占用，甚至所有径流都堵截下来时，右移也到了极限。当然，也可以从外地调水，如“引滦入津”和“引黄济青”。这对受益地区而言，水资源供给可以右移；但对整个地区而言，供水总量不变，只是改变了其区域分配。

另一方面，建坝蓄水很可能使供水减少而不是增加，因为这加大了流域内的蒸发与渗漏。由于地表水已被完全利用，地下水也正以高于自然补给率的速度开发利用，其获取趋于减少。因此供水曲线在将来很可能向左移动而不是向右移动。因此，从长期来看，没有弹性的和不移动的供水曲线的假定也是成立的。

(2) 水资源需求与供给分析

对水的需求大致可以分为农业用水和城市用水，后者包括工业用水。现在到处都可以见到城市用水与农业用水直接冲突的情况。如图 11-9，D^u 为城市用水需求，D^a 为农业用水需求，于是对水的总需求 D^t 就是 D^u 和 D^a 水平相加。如果水价 P 是由政府而不是由市场决定的，在这个价格下，所有的需求都得到满足，而且还有所剩余，水的需求量 W_d^t 小于供给量 W_s。

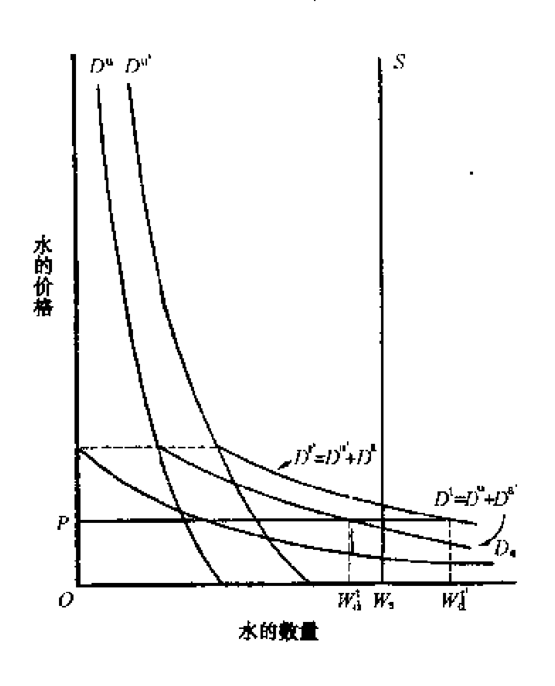


图 11-9 水资源的需求与供给

随着工业和城市的扩大和发展，城市用水需求右移，新的城市水资源需求曲线是 $D^{u\prime}$，若农业用水需求曲线仍为 D^a，则新的水资源总需求曲线是 $D^{t\prime}$。在政府规定的价格 P 下，需求数量 $W_d^{t\prime}$ 超过了供给量 W_s，出现了供水短缺。现有水价已不再能在不同用户之间很好地进行分配了。必须提高水价，或找到其他的分配办法(如限制、配给)。当价格是由政府控制的时候，价格就不再仅仅对供给和需求的压力做出反应；它们也对政治压力做出反应。一般情况下要提高农业用水的价格比较困难，但城市用户能够比农业用户承受更高的水价。于是可以建立一个双重价

格制度，城市用水的价格定为 P^u，农业用水价格维持在 P^a（如图 11-10）。这样就有效地把水市场隔离成两部分，当城市用户在价格 P^u 得到了他们所需的水量 $W^{u'}$，农业用户在价格 P^a 的需求也得到了满足。除此之外还有一些剩余，这时 $W_d^{t'}$ 小于 W_s，分配用水的双重价格制度对于这种情况下的水资源供需平衡确实是有效的。

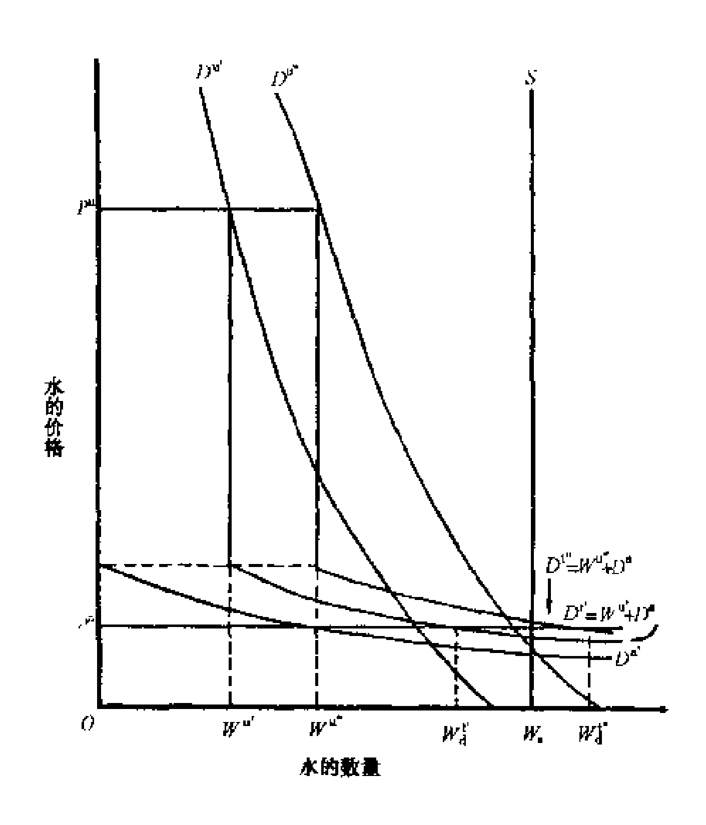


图 11-10　双重水价下的水资源

现在，工业和城市又进一步发展，城市用水需求增加到 $D^{u''}$。设想政府仍不愿意提高任何用户的用水价格。在现有的城市用水水价 P^u 和农业用水水价 P^a 上，现有水量 W_s 不能满足所有的用水需求 $W_d^{t''}$，$W_d^{t''} > W_s$，出现了严重的供水短缺。

如果由于种种经济、政治原因，不允许政府采取提高 P^u 和 P^a 的政策，那么就必须找出一个非价格的配给办法。政府可以建立一种用水分配的复杂制度，每一个用户都能以相应的价格得到一定的用水量，但都不能满足全部需求。于是这些配给量就变得很值钱，因而可能出现用水"黑市"。如果政府成功地取缔了黑市，那么分配给城市居民、城市工业用户和农户的用水量指标的价值将资本化，成为地产价值的一部分。增加用水配给量的惟一办法就是购买更多带有用水配给额的土地和不动产。

这一分析相当有启发性，它表明当自然资源需求不断右移而供给不移动时会发生什么情况；它表明当政府因为某些可理解的政治原因而拒绝让价格上升到维持供需平衡时会发生什么情况；它也表明当政府试图把单一商品市场分隔开来时会出现什么情况。

2．旅游资源市场

（1）供求分析

旅游资源越来越成为人们的重要需求，因而也常常出现供求矛盾。让我们设想一个大小有限、因而容纳旅游者的能力也有限的国家公园。为简单起见，假设野营是这里旅游活动的主要形式，而野营只能在指定地点，适合野营的地点是严格有限的。于是这个国家公园的野营营地的供给曲线是完全没有弹性的(即垂直的)和不能移动的。假定政府已确定了野营营址的租费价格 P，营址的需求可以用典型的向下倾斜的需求曲线表示。当需求为 D' 时，在价格 P 的所有实际的需求都能满足，而且还有剩余(如图 11-11)，剩下的营址数就是($C_s - C'_d$)。

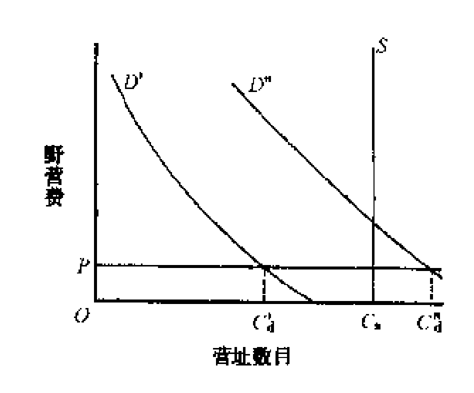


图 11-11　旅游资源的供给与需求

随着生活水平的提高和交通越来越方便，旅游需求迅速增加，需求曲线右移为 D''。现在在价格 P 上营址供不应求，出现短缺，C''_d 超过了 C_s。这时可以把价格提高到 P' 上，达到供需平衡。

但是如果政府出于各种考虑，或受到种种压力而不能把营址租费提高，那就必须找出某种非价格的分配办法。最常见的办法是按照先来后到的原则分配营址。要租用营址的人必须排队，为了排在前面，就必须提前到达排队，或者前一天夜里就赶到这里在旅馆过夜。这样，实际还有旅馆这样的非野营费用，就代替野营租费成了平衡野营址供需矛盾的手段。不过国家公园的经营者得不到这方面的收益。

(2) 供求关系的季节差异

对这种旅游资源的需求常常是季节性的。在旅游淡季，营址的需求 D^w 位置在左方很远，营址有大量的剩余，即 $C^w_d < C_s$（图 11-12)；在旅游旺季，营址的需求 D^s 移向右方很远，在现行价格下，营址存在重要短缺。在淡季，现行价格起一种分配作用，可是这时并不需要分配；在旺季，现行价格作为分配手段完全不起作用，必须辅之以"排队时间"。

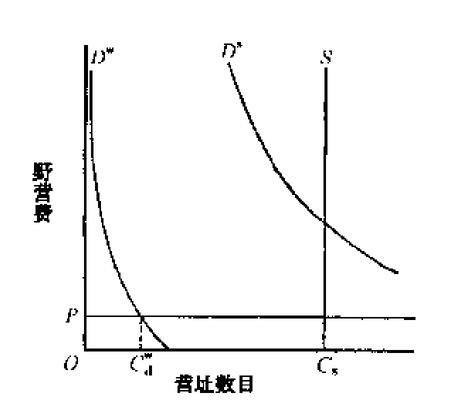


图 11-12　旅游资源需求的季节变动

把淡季的野营租费定为零，旺季的租费提高到均衡价格水平，这种办法，可以使国家公园经营者的收入和利用国家公园的人数都最大化。长期看来，这样一种策略对于使供给曲线右移可能是有帮助的，因为经营机构的收入最大化使之能逐渐购置和建设更多的野营地。

3. 化石燃料的供求均衡

(1) 供给与需求

化石燃料的开发利用，极大地促进了工业社会的经济发展。我们曾指出(第二章)，工业社会快速经济增长的基本动力，在于科学技术进步而使人均能源(主要是化石燃料)消

费量不断提高。

化石燃料的自然总供给(储量可得性,最终可采资源)到底有多少,现在还不知道,但完全可以肯定是有限的,现在的开采肯定会减少未来的开采量。因此有一种观点认为,为了给后代留下均等的利用机会,我们应当约束现在的开采和消费。但另一些人认为这种观点未必正确,现在大量使用化石燃料促成经济高速增长,加速资本的形成和积累,从而使后代能开发高成本的化石燃料,或发现适当的化石燃料代用品,这不见得就不如把地下矿藏留给后代。

化石燃料主要有煤炭、石油和天然气。全世界煤炭储量中所含的能量远远超过石油和天然气。美国已知的煤炭储量中的能量大约是已知石油和天然气储量的 50 倍,我国未来能量供给也主要靠煤。但煤的开采成本较高,井下采煤需要相当多的资本和劳动,而且有害于工人健康和安全。采煤的环境破坏相当严重,尤其是露天开采;若制定严格的法规要求采煤后进行土地复垦,又会进一步加重成本。此外,煤的燃烧对大气和其他环境媒介的污染也很严重,对全球气候的"温室效应"也要负主要责任。

因此目前西方发达国家的主要化石燃料需求是石油和天然气。英国从 60 年代就停止了开采煤炭,并非因为煤炭资源已耗竭,而是因为在目前的经济、社会和技术条件下,使用煤已不合算。但西方发达国家的石油和天然气供给主要靠进口。美国曾能自给,但其国内供给 1970 年到达顶峰后就开始下降,而需求却不断增加。因此维护国内供求均衡主要靠进口,1977 年美国石油进口量已占总消费量的 40%以上,以后逐年上升。这就是为什么美国对中东如此关注的重要原因。

另一方面,主要石油出口国,其中大部分是中东国家,绝大部分经济都比较落后,主要依靠石油工业,它们越来越认识到本国石油储量有限,按目前的开采速度,其石油资源很快就会耗竭。1973 年的石油危机部分反映了中东石油输出国在这方面的对策,但也是它们企图把石油资源用作政治武器的结果。一些阿拉伯国家利用石油禁运为武器对付美国及其盟国,企图压美国改变对以色列的政策。这一行动对美国及其盟国的经济和外交政策产生了明显的影响。不久后,石油输出国组织大大提高了其出口石油的价格(图 11-13)。

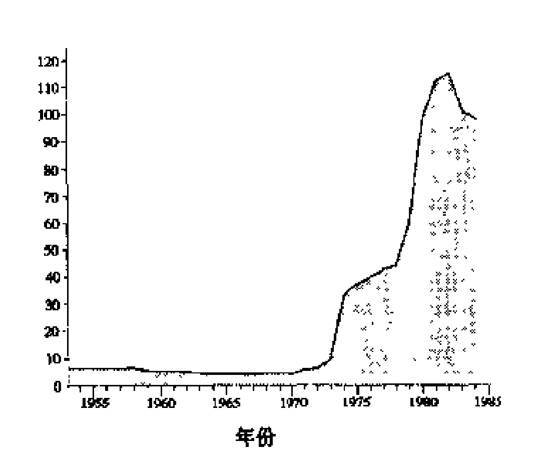


图 11-13　1953—1984 年的石油价格指数
(1979 年为 100)

以上我们从全球范围上看到化石燃料的供求关系中,代间平等、资源替代、开发成本、环境代价都是重要因素;也看到了价格在防止和减缓资源耗竭中的作用,及其对资源分配的影响。

(2) 供求均衡对策

每一个石油进口国都以各自的方式对世界油价上涨作出反应,以达到国内的供求均衡。

①国内石油制品价格对策

美国历史上由于有大量的石油和天然气蕴藏,且曾是一个石油净出口国,因此实行的是"廉价燃料"政策,开始是对石油和天然气行业实行各种补贴,后来又实行鼓励消费的价

格管制。因此美国人均石油消费量远高于一般发达国家。

相反，西欧国家国内的石油和天然气储量相对很少；在第二次大战结束后的重建时期，它们还受到严重的外汇储备控制，进口石油的能力也很有限，同时为了保护在国际贸易中已很虚弱的地位，必须抑制石油进口。因此在国内必须抑制消费(需求)，同时为了多收税款，石油制品和奢侈品一样从重征税。其后果是保持和改进了公共运输系统，广泛使用摩托车和燃料效率高的小型汽车，空调设备也大力推行节能方法。所以虽然西欧国家人均能源消耗量少于美国，但由于经济迅速恢复和发展，生活水平也与美国不相上下。

上述各国燃料价格政策的对比是发人深省的。首先，它说明经济生产率与化石燃料消费之间并无必然的绝对联系，经济增长也可以在控制化石燃料消费量的情况下实现。第二，它再一次说明价格在供需均衡中的作用。

1973 年石油危机后，西欧国家的石油制品高价政策更显示其作用，它们让世界石油价格的增加完全反映在用户使用的石油制品价格上。美国则由于历史上形成的惯例，而且由于国内尚能供给一半以上的石油，却想尽可能把石油制品价格保持低价。其对策是把"新"石油价格提高到和世界价格一样，但"老"石油——即 1973 年石油禁运前已投入生产的油井生产的石油——仍然受到严格管制。这种政策刺激了在国内发现和开采新的石油供给，同时又使加油站的石油制品平均价格尽可能保持低价。

②节能对策与技改

所有国家都努力发展节能技术，推广其应用。"节能"的经济意义就是在任何给定价格下减少对能源的需求。例如在高速公路上限速，改善汽车发动机的燃烧效率，鼓励发电厂从烧油改为烧煤(但出于环境污染控制考虑，又限制煤的使用)或把煤炭转化为人造石油或天然气。政府还利用税收手段来鼓励住宅的保温、绝热和利用太阳能取暖。有些政府还采取配给政策。

③勘探和开发向国内转移

依靠进口化石燃料已表明是具有极大风险的，石油危机后，西方发达国家开始注意提高自给率，于是勘探和开发又重新指向国内。如美国在阿拉斯加、英国在北海都加强了开发工作。另一方面，油价的上涨也使国内原来"不经济"的矿藏得以进行"经济"的开发。国内供给得到增加。

总之，化石燃料的供求均衡可通过限制消费、鼓励生产、鼓励开发替代能源来达到，而价格对每条途径都有至关重要的作用。但能源价格的上涨牵一发而动全身，会影响到整个国民经济，因此又不得不用政策措施加以限制。

第十二章　自然资源的价值与价格

我们已经看到，价格是平衡供求关系的一个关键因素，对自然资源的供求也不应例外。但现行的各种经济体制中，对自然资源的价格都没有作明确完备的规定，这是导致一系列资源、环境问题的一个重要根源。因此，要解决这些资源、环境问题，一个重要途径是引入价格机制。

价格是价值的货币表现，虽然价格在市场上由于供求变化有时会脱离价值，但其基础仍在于价值。因此，必须把价格与价值放在一起考察，我们首先考察自然资源的价值。

第一节　自然资源的价值

一、自然资源无价值论批判

1. 自然资源无价值论的根源

在传统的经济价值观中，一般认为没有劳动参与的东西没有价值，或者认为不能交易的东西没有价值，因此都认为天然的自然资源是没有价值的。资源无价值论的产生，既有思想观念、经济体制和历史传统的因素，也与自然资源本身的性质有关。

(1) 劳动价值论的绝对化

根据马克思的劳动价值论，价值取决于物品中所凝结的社会必要劳动量。把这一原理加以极端化，就认为凡不包含人类劳动的自然物，如自然资源，都没有价值。实际上马克思主义经济学未必主张自然资源无价论，马克思本人就引用古典经济学家威廉·佩蒂的话说："劳动是财富之父，土地(即自然资源)是财富之母"。片面理解劳动价值论，导致认为自然资源是没有价值和价格的，这种观点在我国曾经尤其盛行。因此，我们从理论到实践都忽视自然资源的价值价格问题，不计算自然资源的价值与价格。

(2) 确定价格的市场机制不合理

一般采用生产价格定价法(东方)和市场价格定价法(西方)。原料即自然资源产品的价格，都只包括了开发资源的成本和利润等项内容，没有包括自然资源本身的价值。

比如，我国木材的价格长期以来只计采伐和运输成本，不计营林成本，更不要说地租了，因此造成森林资源无价。再如水资源，只计供水成本，不计排水成本和污水处理成本，更不计水资源本身的价值。土地资源长期无偿使用，近年来虽已意识到这个问题，开始征收土地使用费和使用税、自然资源税，但仍未从根本上解决问题。矿产价格也多只记开采成本和运输成本，未把资源本身的价值纳入价格中。

(3) 历史因素

传统观念忽视自然资源的价值，还由于社会发展早期，资源与环境问题并不突出。在

经济社会发展水平和人们生活水平比较低下的情况下，对自然资源的开发利用程度也比较低下，自然资源相对比较丰富，大多为自由财货。人类的需要也是较低层次的，即首先需要解决温饱等基本生存问题。在这种情况下，人们没有认识到自然资源和生态环境的价值是很自然的。

(4) “公共财产”问题

诸如大气圈、江河湖海、荒野等自然资源往往是公共财产，很难计算其价格，更难收取其费用，因而谁都可以无偿使用，但谁都不负责任。即使是私有领地，也具有公共性质。例如，一片私有森林的土地和林产品的所有权和使用权都属林场主，但其风景美学价值、生态环境价值却是公共的，这部分“公共财产”的价格难以计算，更难以实现。

现在，资源紧缺已成为经济-社会持续、稳定、健康发展的主要制约因素，资源的不合理的开发利用又是造成生态破坏和环境污染等一切问题的主要根源，而人们也日益感到清洁、优美、安静的环境的可贵，感到稳定、充实的资源基础的保障作用。自然资源的价值和生态环境的价值，随着经济社会发展水平和人们生活水平的提高，随着人口的增加和资源环境限制的日益明显而逐渐显现和加大起来。解决自然资源问题、生态环境问题，应该从体制、政策、法规、技术措施等多方面入手，而确立自然资源价值观则是一项根本性的对策。

2. 自然资源无价值论的危害

资源无价值的观念及其在理论、政策上的表现，导致了资源的无偿占有、掠夺性开发和浪费，以至造成资源损毁、生态破坏和环境恶化，成为经济社会持续发展的制约因素。具体说来有以下弊病：

(1) 导致自然资源的破坏和浪费。由于自然资源不计价值、价格，可以无偿使用，因此自然资源使用者都力图多占多用，随意圈地，任意截流引水，矿产资源利用上“采富弃贫、采厚弃薄、采主弃副、采易弃难”，乱伐林木，大材小用，好材劣用等现象比比皆是。得到自然资源使用权的单位或个人可以无视资源利用的经济效益，没有节约资源、提高资源利用效率的主动性、积极性和约束机制，因而造成自然资源的恶性破坏和浪费。

(2) 导致财富分配不公和竞争不平等。既然自然资源无价值和价格，其所有权和使用权的获得就不能通过市场竞争获得，而是通过权力、关系、偶然因素得到，这样，获得资源的单位或个人比未获得的单位或个人处于有利地位；获得丰饶性好的资源的单位或个人比获得丰饶性差的单位或个人处于有利地位。在这种情况下，资源分配不公平，竞争也不平等，丰饶的自然资源往往掩盖了低劣的经营管理。

尤其是采矿、伐木、农业等第一产业部门，其劳动生产率与自然资源的丰饶性直接相关。在相同的经营管理与外部条件下，在富铁矿区开采 1t 铁矿所取得的销售价格可以等于贫矿区的 5 倍。油田的劳动生产率相差更大。由于自然资源的无偿使用，资源丰饶的企业即使经营管理较差，往往也可以比自然资源欠佳、经营管理较好的企业获得更好的经济效益。自然资源带来的财富抵消了经营不善造成的损失，掩饰了经营管理中的种种问题。

(3) 一项重要的国家岁入化为乌有。很多自然资源是公共所有，其所产生的价值本来可以成为一项重要的国家财政收入。但是由于自然资源无价，其使用者无须付钱，因此

公共所有或国家所有徒有虚名，这项岁人化为乌有。

(4) 资源物质补偿和价值补偿不足，导致自然资源财富枯竭。自然资源在被开发利用的同时，应当不断得到保护、改善、补偿和整治。人类开发利用自然资源的历史，也就是不断改善和保护自然资源的历史。但如果从理论上认为自然资源没有价值，实践上自然资源可以无偿使用，那么对自然资源的改善、保护、补偿措施都不会得到应有的重视，都会视作额外负担。即使重视了，也被视为非生产性投资，这种投资是无法收回的，因此常常造成欠帐，无以为继。

以我国森林资源为例，其物质补偿不足表现为消耗量远远大于生长量。1952—1985年间，全国计划内生产木材13.29亿m^3。按1:1.67计算，要消耗森林资源22.19亿m^3。但实际森林消耗量是这个数字的3倍（"四五"清查）到4倍（"五五"清查）。所以此期间我国森林实际消耗量约为66.5—88.7亿m^3，大约采伐了7 388—9 855万hm^2的森林，相当于现存森林基本上都采伐过一遍。而森林资源的物质补偿却非常令人失望，每年有1亿m^3的森林赤字。1950—1981年间，全国累计人工造林1亿hm^2，成材0.28亿hm^2，蓄积2.7亿m^3，还补偿不了一年的消耗量。

森林资源的价值补偿不足表现为活立木一般没有价格。木材的价格构成中没有育林费和地租，近年来虽已逐年提高了育林费，但仍很低，相当于很多国家的15%—30%，原木价格比合理价格低一半以上。1952—1985年间我国计划内生产木材13.29亿m^3的产值为960亿元（实际价格），而同期育林基金只收了74.6亿元，根本弥补不了森林资源长期补偿不足的欠帐。因此，计划内耗用森林资源的价值，绝大部分没有得到补偿，更不用说计划外的耗用量了。

(5) 国民财富的核算失真。国民财富是反映一个国家经济水平的重要指标，反映一个国家几百年来甚至几千年来劳动积累的成果。自然资源，特别是土地资源，是国民财富的重要组成部分。西方国家的土地资源（不动产）大体占国民财富的四分之一以上。还有资料表明，"土地和土地改良上的投资，占去美国财富的三分之二"。日本1980年全国资产总额（相当于国民财富）为2 531万亿日元（按当年汇率合10万亿美元），其中土地资产641.6万亿日元，占总资产的25.3%；森林资产28.6万亿日元，占1.1%。二者合计占全国总资产的26.4%。我国土地和其他自然资源没有价值和价格，因此整个国民财富的核算不能完全反映国家实力和经济水平。

二、自然资源价值论

马克思本人并没有把劳动价值论绝对化，他说过："没有（劳动）价值的东西在形式上可以具有价格"①。又说："真正的地租是为了使用土地本身而支付的，不管这种土地是处于自然状态，还是已被开垦"①。可见马克思也赞成自然资源具有价值和价格。实际土按照他所创立的绝对地租理论，自然资源本身就具有价值和价格，而不论其是否附有人类劳动。

不言而喻，劳动、自然资源（土地）和资本这三种经济资源或称生产基本要素都应在产

① 《马克思恩格斯全集》，23卷，人民出版社，120～121,698。

品价值上得到体现，产品价值应该是成本(外部与内部)、平均利润、超额利润的总和。它们与基本生产要素的对应关系(图12-1)。

那么，自然资源价值的源泉又是什么？大体说来，现代自然资源的价值包括3个部分：天然价值、人工价值和稀缺价值。

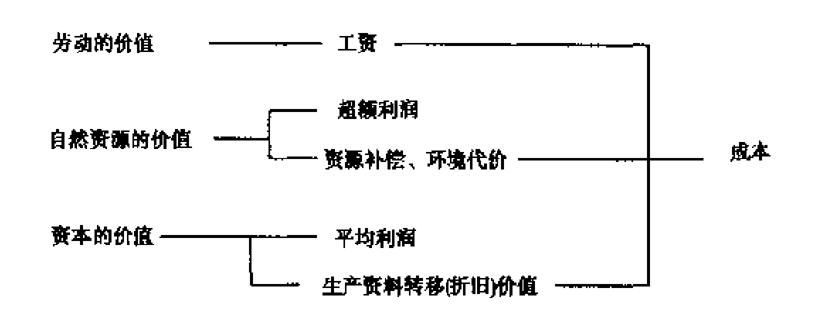


图12-1 产品的价值

1. 自然资源的天然价值

这是自然资源本身所具有，未经人类劳动参与的价值。之所以有这种价值，是因为自然资源具有使用价值而且稀缺。不具有使用价值的东西没有价值，自然资源作为生产基本要素，其使用价值是不言而喻的。因此，未经人类勘测、开发、改造、利用、整治、保护过的自然资源，或已经人类勘测、开发、改造、利用、整治、保护过的自然资源中的原始部分，虽然未凝结人类的活劳动和物化劳动，也是具有价值的。进一步探究，可以看出自然资源的天然价值主要取决于以下二个要素：

(1) 自然资源的丰饶度和质量

自然资源丰饶度是其自然属性的总和，不是它的个别自然属性。例如，一处矿藏资源的自然丰饶度应该包括下列方面：储量、品位、有益伴生矿、有害伴生矿、可选程度、埋藏深度、矿层厚度与倾斜度、矿床周围岩体性质与水文地质情况等。又如，森林资源的丰饶度应包括木材蓄积量、木材质量、木材生长速度等因素。每一个因素对于丰饶度的影响有大有小，然而，在评价它的丰饶度时，都不可忽略。

自然资源的丰饶度是天然客观属性，纯粹属于自然的属性。例如，油田的油气蕴藏量、金属矿的品位、温泉与地热资源的蕴藏量等反映自然资源的某些丰饶度。这些，都是大自然赋予人类的礼物，是人类的主观努力难以改变的。

每一种自然资源都必须具有一定的自然丰饶度。自然资源的自然丰饶度与它的使用价值成正比例。自然资源的自然丰饶度越高，它的使用价值越高，对经济活动的影响越大。波斯湾产油国跻足于富国之林，全仗油田的自然丰饶度。波斯湾油田每口油井一般每天喷油1 000t；美国每口油井每天产原油2.5t，还要用抽油泵抽取。因此，波斯湾石油开采业的劳动生产率和利润率是美国和大多数地区无法比拟的。

(2) 自然资源的自然地理位置

对于大多数自然资源来说，位置的作用是不可忽视的。有时，位置的作用甚至比自然资源的丰饶度更重要些。马克思指出，由于自然资源丰饶度与位置的矛盾，土地开发“可

以由更优良的土地推进到更劣等的土地，也可以循相反的方向前进”。马克思还以美国密歇根州为例，指出那里的土地虽然比较贫瘠，但由于靠近纽约，通过大湖和伊利运河与纽约联系，在美国土地开发的顺序中“和那些天然具有较高丰饶度的远在西面的各州相比反而抢先了”。在我国和其他国家都有这样的实例，一些自然丰饶度很高的矿产资源，由于位置偏僻，交通不便，至今无法利用。按照国际惯例，含铁 30% 以上的铁矿才有工业价值，可是在南京附近，含铁 18% 的铁矿已经投入工业开发。因为那里交通方便，接近消费中心，附近又缺乏新的铁矿资源。

自然资源的位置包含着自然的客观方面的因素，也包含社会的主观方面的因素，前者称自然地理位置；后者称经济地理位置，是人类活动的产物，属人工价值，将在下面阐述。

自然资源与山脉、河川、海岸线等自然要素的相对位置关系是自然地理位置，它是相对稳定的，是位置的客观方面，是位置的自然基础。

2. 自然资源上附加的人工价值（即劳动价值）

现在，地球上的自然环境或多或少都有人类劳动的印记。人类不仅改变了植物和动物的位置，而且也改变了它们所居住的地方的面貌、气候，甚至改变了植物和动物本身。我们今天在利用土地资源时，已很难区分哪些特性是史前时期遗留下来的，哪些是历史上人类附加劳动的产物。矿产资源和原始森林，表面上看不到人类的附加劳动，然而，人类为了发现这些矿产资源，为了保护这些原始森林，付出了大量劳动，这些都是特殊形式的附加劳动。人类对于自然资源的附加劳动已合并到土地中了，合并到自然资源中，与其浑然一体了。自然资源上附加的人类劳动是人类世世代代利用自然、改造自然的结晶，绝大多数自然资源只有经过人类的附加劳动后，才具有充分利用的可能性。自然资源上附加的这些人类劳动，就是自然资源的劳动价值，即马克思经济学中的价值。附加的人类劳动越多，价值越大。

在自然资源上附加的人类劳动可以分成两类：

(1) 直接附加：这是指直接作用于自然资源对象上的那一部分劳动，如土地平整、排干沼泽中的积水、生物品种改良、人工造林、梯田、灌溉系统、施肥等。这是人类在从事自然资源的勘测、调查、开发、改造、保护、更新等活动过程中，直接附加到自然资源上的活劳动和物化劳动，使对自然资源有了认识，并改变了其性状，形成了与自然资源不可分割的部分。

(2) 间接附加：这是指那些并不直接作用于自然资源上，但对于改善自然资源的使用价值有影响的劳动。例如，在离土地颇远的地方修建防洪堤坝，使土地免受洪水威胁；改善矿产资源开发的经济、社会条件等。这种间接附加人类劳动可以从以下几方面来看：

① 经济地理位置的改变。自然资源对于城市、道路、消费区的相对位置是经济地理位置，是历史性的，经常发生变化的。经济地理位置的变化大体有两个相反的趋势。一是加剧了位置的差异，大城市和消费中心的形成使得各地区自然资源的经济地理位置差别加剧，接近大城市的自然资源具有更优越的经济地理位置。二是缩小位置差异的平衡化的趋势。生产的发展，特别是交通工具的发展，会创造出新的消费中心和便利的运输条件，对经济地理位置起着平衡化的作用。在生产不同发展阶段，这两方面的趋势是不相同

的。

② 对自然资源的管理。现在的领空、领海、领土都是有专门的机构和人管理的(包括国土部门和环保部门等),它们都付出了大量的劳动。对矿产的发现与勘探也付出了大量人类劳动。以河流的水为例,水是天生的,没有消耗人的劳动,所以单从这一点看,水是没有劳动价值的,但水是在河流里流的,河流是要消耗勘测劳动的,河道和河岸的整治修建也是要消耗劳动的,整个河流是有专门机构和人管理的,也要消耗劳动。因此,河流里流的水凝结着各种劳动,是有价值的。再拿空气来说,天然空气没有经过人的劳动,所以没有价值,但是现在许多地方的空气污染越来越严重,被污染的空气光靠天然净化已经不够,需要人工净化,所以也需要消耗劳动,另外,整个大气是有专门机构和人管理的,还有各种大气监测分析,它们也要消耗劳动。

③ 开发条件的改善。诸如道路、供水、电力、通讯等基础设施的建设和改善,副食品供给,医疗、文化、教育设施的建立,都改善了自然资源开发的条件,使得自然资源的价值大大提高。显然,这种开发条件的改善需要大量的人类劳动和投资。

3. 自然资源的稀缺价值

物以稀为贵,越是稀缺的资源,其价值越高。我们已经阐述了自然资源的稀缺性,正是这种稀缺性,构成了与自然资源的天然价值和劳动价值相联系但相对独立的另一类价值。说相联系,是指稀缺价值以使用价值(其中包括劳动价值)为前提,无使用价值的东西,当然谈不上稀缺;另一方面,稀缺又是使用价值之所以具有价值的条件,空气、海水、泥土等都具有使用价值,但由于不稀缺,一般不具有价值。说相对独立,是因为稀缺价值在市场上已脱离了其使用价值和劳动价值,而是由供求关系来决定的。

总之,自然资源具有天然价值、劳动价值和稀缺价值。稀缺价值可用供求关系理论来解释和确定;劳动价值可用劳动价值论来解释,并可根据生产价格理论来确定,即马克思主义政治经济学中的 $W=C+V+M$。其中 W 为产品价值;C 为所耗费的不变资本的价值,可以认为是物化劳动;V 为可变资本,基本上是工资,可以看作活劳动;M 为剩余价值,即平均利润。那么如何确定自然资源的天然价值呢? 这就要诉诸地租论。

第二节 地 租 论

以下论述中,可以把土地看作自然资源的同义词。在经济学中,地租有两种意义。第一种是地主将土地出租给佃户,主佃之间有一种租佃契约,规定佃户按期缴纳租金给地主,这种地租称契约地租或商业地租。第二种是由土地本身的价值带来的报酬,由于所有权转化到土地所有者手中,称经济地租和纯地租,马克思称之为“真正的地租”。前者是后者在封建土地制度下的一种特殊形式,后者则是各种土地制度下都存在的普遍形式。经济地租是契约地租和基础,但契约地租还受其他因素的影响,如市场供需情况,主佃之间的权力(与地权制度有关)等。这里所讨论的地租是指经济地租或纯地租。地租有三种形式:级差地租、绝对地租、垄断地租。

1. 级差地租

(1) 级差地租Ⅰ

级差地租Ⅰ是等量劳动、资本投在不同的等量土地上,由于土地的丰饶度(耕地肥力、矿地富聚度等)和区位条件(距市场远近等)不同而有不同的级差生产力,因此土地所有者获得不同的报酬。

由于土地的有限性,土地利用不断从优质土地向劣等土地扩张,因此各种质量的土地会同时投入使用。设土地 A 为使用的最劣级土地,其他较优土地按质量递增顺序依次为 B、C、D。在等量的这四种土地上,投入的劳力和资本相同(各为 50 元),平均利润率也应相同(设为 20%),则各得平均利润 10 元。但由于土地质量的差异,产量是不相等的。这样,虽然等量土地上的总个别生产价格(投入+平均利润)相等的(皆为 60 元),但单位产品的个别生产价格却不同。然而,单位产品的市场价格是由劣等地的个别生产价格(60 元)决定的,于是四种土地上各自的总产品的市场收入也就不同。扣除成本投入,得到的利润也就不同。但土地经营者只能得到平均利润,平均利润以外的超额利润归土地所有者所有,这就是级差地租Ⅰ,如表 12-1。

表 12-1 级差地租的产生

土地等级	投入	平均利润	产量	个别生产价格		市场价格		利润	级差地租
				全部产品	单位产品	单位产品	全部产品		
A	50	10	1	60	60	60	60	10	0
B	50	10	2	60	30	60	120	70	60
C	50	10	3	60	20	60	180	130	120
D	50	10	4	60	15	60	240	190	180

以上是根据土地的丰饶度来说明级差地租Ⅰ,它首先由大卫·李嘉图作了系统的阐述。区位条件的不同也能产生级差地租Ⅰ,这种级差地租Ⅰ首先由冯·杜伦作了系统阐述。上表中的产量也可以理解为因区位不同而来,这在商业中特别明显,例如王府井、西直门、中关村、骚子营四个地方的商店,等量劳动和等量资本在等量土地上的商业产量显然是不同的。区位带来的级差生产率Ⅰ还可以由于运输费用的不同,从而生产成本不同而产生。市场价格相同,运费少从而生产成本少者获得级差超额利润,转交给土地所有者就是级差地租Ⅰ。

(2) 级差地租Ⅱ

级差地租Ⅱ是等量劳动、资本投在同一块土地上,由此改变了土地的经济丰度或相对位置(或交通条件),而使这块地产生的级差生产力的表现形式。

这种级差生产力是与土地上初次投入后的生产力比较而言的。设在同一块土地上的初次投入为 A,先后追加的投入为 A_1、A_2、A_3。用 A、A_1、A_2、A_3 分别代替表 12-1 中的 A、B、C、D,就得到级差地租Ⅱ的产生过程。这里要注意,先前的投资已在产品价值中收回并在利润中得到补偿,因此不能算进后来追加的投资中去,后来的利润仅仅是对投资的追加部分的补偿。但先前的投资毕竟改变了土地的丰度或区位条件,因此,级差地租Ⅱ的

基础和出发点还是级差地租Ⅰ。但是，由于地租早已在这块土地出租时确定，在租约期内，土地经营者对土地的连续投资所带来的超额利润归土地经营者所有，这时这种超额利润(Ⅱ)不会转化为地租。正因为如此，土地经营者才有追加土地投资的积极性。而租约期满后，因追加投资而提高的土地丰度，就会与土地的自然丰度结合在一起，被土地所有者全部或部分占有，作为再出租土地时加收地租的依据，由此而来的超额利润就转化为级差地租Ⅱ。严格说来，级差地租Ⅱ是人类附加劳动带来的价值，为了方便，放在这里一起论述。

此外还应注意，这样产生的级差生产力(称级差生产力Ⅱ)并非永远上升，由于报酬递减律的作用，超过一定限度后，其上升的速率会逐渐减少，再过一定限度，就不仅不会上升，反而会下降。

2. 绝对地租

上面在分析级差地租时，撇开了绝对地租问题，暂时假设最劣土地不付地租。实际上使用任何土地都必须缴纳地租。这种不论土地好坏，只要使用土地就必须缴纳的地租，就是绝对地租。

仍用表12-1的例子来说明，现在每种土地都要追加绝对地租，设为20元。这样，个别生产价格总量都为80元，而单位产品的个别生产价格都分别为80、40、26.67、20元；最劣地A的产品的价格就应为80元，单位产品的市场价格以此为调节，也应为80元；四种土地上各自全部产品的价格就分别为80、160、240、320元；利润(全部产品市场价格－投入－绝对地租)分别为10、90、170、250元；此时的级差地租(利润－平均利润)分别为0、80、160、240，也就是原级差地租再加上绝对地租按比例增大的部分。可见，由于绝对地租的存在，级差地租也按绝对地租的比例增大了(表12-2)。

表12-2 绝对地租对级差地租的影响

土地等级	投入	绝对地租	平均利润	产量	个别生产价格		市场价格		利润	级差地租
					全部产品	单位产品	单位产品	全部产品		
A	50	20	10	1	80	80	80	80	10	0
B	50	20	10	2	80	40	80	160	90	80
C	50	20	10	3	80	26.67	80	240	170	160
D	50	20	10	4	80	20	80	320	250	240

级差地租是由于土地级差生产力带来的。那绝对地租的源泉是什么呢？现在有些教科书的解释是：土地产品的市场价格与劣等地生产条件所决定的社会生产价格之间的差额。上面的例子中是用绝对地租来解释这个差额，现在又用这个差额来解释绝对地租，这是一种同义反复，并未回答绝对地租的源泉问题。马克思从资本有机构成入手来解释这个问题。初级产品产业(土地产品产业)，尤其是农业，资本有机构成较低，即可变资本的比重较大，因此利润率较大，超出社会平均利润率的部分就成为绝对地租的源泉。这符合当时资本主义经济的实际。但随着农业现代化的发展，农业资本有机构成日益提高。在当今发达资本主义国家中，农业资本的有机构成已接近甚至超过了工业。如1977年美国

年均每个农业劳动力占用 12.1417 万美元，而工业中每个职工平均占用资本不到 10 万美元。这种情况马克思有所预言，并指出在这种情况下绝对地租就会消失。但实际上绝对地租并未消失，为按照马克思的劳动价值论解释这一矛盾，有的教科书又诉诸垄断价格、农产品外贸顺差、农业资本家的利润或农业工人的工资扣除等原因。这同样又是同义反复。

我们从自然资源天然价值来解释绝对地租的来源。因为土地有使用价值，又由于其稀缺性，因此土地资源价值就带来一种生产力，姑且称之为绝对生产力，绝对生产力带来绝对超额利润，在土地所有权与使用权分离的情况下就转化为绝对地租。这样解释既清楚简单，又适用于一切土地制度。同样，级差生产力带来级差超额利润，转化为级差地租。

3. 垄断地租

此外，还有一种地租形态称垄断地租，就是由超出价值的垄断价格带来的超额利润转化而成的地租。例如某些稀有矿藏、特殊产品（如茅台酒）、特殊地段由于奇货可居，或由于不可替代且被垄断，可以按照大大超过生产价格和价值（劳动价值 + 资源天然价值 + 平均利润）的垄断价格出售，由此产生的超额利润转交给土地所有者，就是垄断地租。垄断地租中也包含有资源的稀缺价值。

第三节　自然资源价格

价值是价格的基础，价格是价值的货币表现。既然自然资源的价值包括天然价值、劳动投入的价值和稀缺价值，自然资源的价值也应基于这三种价值来计算。

1. 地租资本化

这是计算自然资源天然价值之价格的一种方法。虚拟资本的形成叫资本化。自然资源价格是各年地租的总和，把今后若干年中尚未实现的地租包括进来，故称地租资本化，即年地租×使用年限。由于是一次性付出，必须考虑利息的因素。设年地租量为 R_0，那么一年后地租量的现值应打上利率的折扣，若年利率为 a，则一年后的地租现值为 $R_0(1-a)$；同理，往后各年地租的现值分别为 $R_0(1-a)^2$，$R_0(1-a)^3$，……。自然资源价格就是各年地租现值的总和：

$$P_1 = \sum_{n=1}^{\infty} R_0(1-a)^{n-1} \tag{1}$$

这是一个无穷递减等比数列的和，我们知道这种数的求和公式为

$$S = \frac{a_1}{1-q} \tag{2}$$

其中 S 为无穷递减等比数列之和，a_1 为数列的首项，在地租资本化公式(1)中即是 R_0；q 是公比，在式(1)中就是 $(1-a)$，于是

$$P_1 = \frac{R_0}{1-(1-a)} = \frac{R_0}{a} \tag{3}$$

这就是说,自然资源价格是年地租除以年利率。

以上的 R_0 尚未考虑级差问题,若考虑级差,则自然资源的年地租量为 $R = kR_0$,这里的 k 为级差系数。于是有

$$P_1 = \frac{kR_0}{a} \tag{4}$$

2. 劳动价值资本化

人类劳动投入自然资源的价值,其价格可以根据生产价格理论来确定,也就是(不变资本 + 可变资本 + 剩余价值或利润),即($C + V + M$)。

这部分价值是自然资源每年的(劳动)价值,相当于(3)式中的年地租量。同理,这部分价值的价格也应是各年价值的现值总和,按地租资本化同样的推导,把今后若干年中尚未实现的年价值包括进来,即将劳动价值资本化。同样,考虑利率的折扣,自然资源中的劳动价值的价格 P_2 应是

$$P_2 = \frac{C + V + M}{a} \tag{5}$$

3. 稀缺价值对价格的影响

稀缺价值主要体现在供求关系上。在供给量一定时,需求量越大,会促使价格越高,即需求量 Q_d 对价格的影响是正比例关系;在需求量一定时,供给量越大,会促使价格越低,即供给量 Q_s 对价格的影响是反比例关系。再考虑需求量与供给量的弹性,则都应乘上一个弹性系数。设需求弹性系数为 E_d,供给弹性系数为 E_s,则自然资源的价格 P 为:

$$P = (P_1 + P_2)\frac{Q_d \cdot E_d}{Q_s \cdot E_s} \tag{6}$$

将(3)式和(4)式代入,有

$$P = \frac{1}{a}(kR_0 + C + V + M)\frac{Q_d \cdot E_d}{Q_s \cdot E_s} \tag{7}$$

可以认为,公式(6)就是确定自然资源价格的基本公式。当然,要将这个公式付诸实际应用,尚需作大量的工作来具体确定有关参数 k、R_0、Q_s、Q_d、E_d、E_s 等;而且 C、V、M 的计算也涉及很多因素,也需根据具体情况加以研究。但是所有这些都是可以做到的。

4. 确定自然资源价格的其他方法

以上计算自然资源价格的基本公式,至少要求两个大前提,即市场机制完善和价格体系合理,否则要确定那些参数是不可能的。尤其在我国目前市场机制形成初期和价格体系尚在不断改变的情况下,应用这种计算法更是不现实的。因此出现了一些替代方法,主

要有两种：市场比较法和替代成本法，都主要用于土地资源的定价中。

(1) 市场比较法

认为土地价格是土地使用者与土地提供者讨价还价的结果、需求曲线与供给曲线的交点(均衡点)决定土地价格(即均衡价格)。采取的形式主要是拍卖，土地所有者在市场上拍卖土地，竞投者叫价、应价，价高者得土地。这是一种完全由市场机制和竞争机制决定的价格。深圳特区试行过这种方法。但考虑到我国目前市场机制不完善、法制不完备，尤其是“外部性”问题市场不能解决，所以还需有一定的行政干预，即土地所有者(市政府)根据投标者所出的价格、所提的规划设计方案以及企业信誉等情况，择优而取。这里，价格竞争仍是主要因素，但也要考虑其他因素，中标者不一定是出价最高者。

(2) 替代成本法

把土地作为一种必不可少的投入，认为与资本和劳动的投入并无区别。以一定生产技术水平为前提，以利润最大化为依据，分析研究土地在生产过程和经济活动中，与资本和劳动相互替代的关系，由此确定土地价格。例如，在一定的生产技术水平下，两个单位的土地与两个单位的资本和一个单位的劳动组合，使得生产利润最大化；而一个单位的土地与三个单位的资本和一个单位的劳动组合，可以得到同样的效果。在这里，一个单位的土地就等于一个单位的资本，于是确定土地价格。这是一个简化了的例子，实际情况要复杂得多，土地与资本作为成本的替代关系，还涉及到经营规模、土地利用集约度等问题，并非就是一个单位土地等于一个单位资本。上述简化仅仅是为了说明土地可替代资本，由此形成土地价格。我国目前实际上已有此类形式的土地价格存在，如一个单位出地，另一个单位出钱，修好房子后分享。当然，其中土地作为替代资本的计算有很大任意性，常常与市场比较法联系起来。同样，由于市场机制不完善，替代成本法在我国目前只是一种权宜之计。

5. 自然资源生态服务价值的计算

以上讨论的主要是比较实的物质性自然资源价值和价格。但自然资源实际上还有比较虚的生态服务价值，这部分价值的量化方法更为困难，但它是客观存在的。国际上，有一些用替代成本法或机会成本法等估算生态价值的方法，虽然不甚理想，但毕竟给人们提供了一种量化概念，可供进一步研究参考。

例如，日本科学家 70 年代对日本全国树木的生态价值进行了综合调查和计算，得出了惊人的数据：在一年内，全国树木可贮存水量 2 300 多亿 t，防止水土流失 57 亿 m^3，栖息鸟类 8 100 万只，供给氧气 5 200 万 t。将这几项按规定价格换算成资金，其总的生态价值达 1 208 万亿日元，相当于日本 1972 年全国的经济预算。又如印度加尔各答农业大学一位教授对一棵正常生长 50 年的树的作用进行折算，总的生态价值高达 20 万美元。其中包括生产氧气 3.1 万美元，净化空气、防止空气污染 6.2 万美元，防止土壤侵蚀、增加肥力3.1万美元，涵养水源、促进水分循环 3.7 万美元，为鸟类和其他动物提供栖息环境 3.1 万美元，生产蛋白质 0.25 万美元。还未包括树木果实和木材的价值。再如我国吉林省环保所等单位 1984 年依照日本的方法对长白山森林的生态价值进行了初步估算，他们把长白山森林的效益分成涵养水源、保持水土、提供氧气、保护野生动物、调节气候等 7 项，而只对其中四项进行了计算，结果为 95 亿多元，是当年所产 450 万 m^3 木材价值 6.67 亿元

的13.7倍。

国际生态经济学会主席科斯坦扎等(Costanza *et al.*, 1997)将生态系统服务功能分为:稳定大气、调节气候、缓冲干扰、调节水文、供应水资源、防治土壤侵蚀、熟化土壤、循环营养元素、同化废弃物、传授花粉、控制生物、提供生境、生产食物、供应原材料、遗传资源库、休闲娱乐场所,以及科研、教育、美学、艺术用途等17种。并按全球16类生态系统估算其经济价值每年至少约为33万亿美元,是目前全世界年国民生产总值的两倍。这说明每年全球经济资产所得是以生态资产的两倍投入换来的。

上述方法都是计算生态系统服务功能的绝对值,说明了生态服务价值非常可观而不容忽视。但所计算出来的天文数字,目前还难以纳入实际的资产价值系统。另一种估算方法是计算相对量,即生态系统服务价值是上升还是下降,以此判定获得一定经济资产的生态资产代价。研究实用而合理的生态服务价值量化方法,是时代给我们提出的要求,应该投入更大的力量,促其尽快实现。

第四节　自然资源产业

1. 自然资源产业的提出和界定

前已述及,自然资源的价值应该实现,而且应由对自然资源进行勘测、调查、保护、管理、恢复、再生、更新、增殖和积累的部门来收获,使其事业能不断进行下去。若能这样做,则形成了一种新的产业,即自然资源产业。

另一方面,自然资源日益紧缺的原因,既有破坏、浪费的一面,也有再生产不足的一面。自然资源的再生产过程,是自然再生产过程和社会再生产过程的结合。在现代社会化大生产的情况下,在人口激增不断加大对自然资源的压力、经济持续增长日益扩大对资源的需求,以致引起资源枯竭、生态环境恶化的形势下,单纯依靠自然资源的自然再生产已远远不能解决自然资源短缺的矛盾,必须强化其社会再生产,即通过增加社会投入来扩大自然资源的再生产,才有可能满足今世和后代经济社会发展对自然资源日益加大的需求。资源产业就是通过社会投入进行勘测、调查、管理、保护、恢复、再生、更新、增殖和积累自然资源的生产事业。它是原料产业的前身。如以矿产资源为例,开采以前的生产活动为矿产资源产业,开采及以后的生产活动为矿产原料产业;再以森林资源为例,采伐以前的生产活动为森林资源产业,采伐及以后的生产活动为森林原材料产业;其他,依此类推(表12-3)。

资源产业的提出,是生产力发展和社会劳动分工深化的必然结果。100多年前,马克思把物质生产分为四大领域,即采掘业、农业、加工工业和运输业。这是依据当时的生产力状况和水平划分的。后来随着物质生产速度的加快和生产规模的扩大,使社会劳动分工进一步深化,出现并形成了第五个物质生产领域——建筑业。现在,自然资源的状况对经济社会发展的影响越来越大,需要的社会投入越来越多,对社会劳动分工进一步深化的要求越来越迫切,所以,提出新的物质生产领域——资源产业的时机已经成熟。按照物质生产领域的逻辑排序,资源产业应该排在最始端,即资源产业、农业、采掘业、加工工业、运输业、建筑业。按照一、二、三产业划分理论,资源产业也处于前面位置,我们称为零次产业或前一次产业。

表 12-3 资源产业的界定

资源种类		资源产业			后续产业	资源产业现隶属行业门类
		简单再生产	扩大再生产			
			内涵	外延		
耕地		耕后地力恢复	原耕地地力增殖	开垦荒地	种植	农业
森林		伐后林木恢复	原林地林木增加	扩大林地	采伐	林业
草地		牧后草被恢复	原草场草被增殖	扩大草地	放牧	畜牧业
矿产		采后接替矿产勘查	替代、伴生、共生组分综合勘查评价	增大资源储备勘查	采掘	地质勘探
水	地表	水资源恢复	净化、调蓄	时空调配	水利、供水、养殖、航运	水利、公用事业
	地下	水资源恢复	净化、调蓄	扩大水源	供水、供热	地质勘探
海洋水产		维护水产生物及其环境	海水养殖,净化和改善水产生物环境	增加水产品种,扩大水产生物水域	捕捞	渔业

2. 自然资源产业、环保产业与环境产业

值得指出的是,现在国际上出现了包括资源产业和环保产业在内、涵盖更广的环境产业发展的趋势。从现在开始到21世纪人类面临环境问题的新的挑战,也面临着发展新产业,主要是环境产业的新机会。

科学技术进步的一般规律是首先有科学发现,然后到技术创新,最后实行产业化,促进经济社会发展。在工业化初期,人们既不知道资源问题、能源危机、生态破坏,也不知道环境还有价值。因此,不可能想出发展环境产业的问题。直到现在,人们多数还认为,搞环境保护是赔钱的事。其实,这种认识是大大的落后了。

这里讲的环境产业与我们通常所说的环保产业概念不完全相同,因为这里的环境是指大环境,是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总称,包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。甚至还包括人口,因为它也是自然界的一部分。因此,环境产业包括环保产业、资源产业,还包括节能产业,与环境有关的新材料产业,以及环境技术、信息、教育、服务和管理产业等。

目前,环境产业在全世界方兴未艾。日本1988年起花20亿美元搞环境产业工业园。美国也开始起步,光是一个乔治亚州就为此拿出了1.05亿美元,其中州政府出3 500万美元,企业出3 500万美元。我国也应趁环保产业迅速发展的好势头,不失时机地扩展内容,并建立环境产业示范区,即环境产业工业园。否则,到21世纪可能要落后几十年。环境产业工业园要包括环保产业的全部内容,还要包括大环境产业的其他内容,形成环境保护仪器设备制造中心、研究开发中心、技术中心、信息中心、教育中心、咨询服务中心。

现在世界环境产业市场的潜力很大,估计有上兆亿美元。仅美国1989年用于环境器材和服务的费用即达1 200亿美元,如果把核废料的处理费用也加进去,至少有1 500亿美元,而且每年增长20%—30%。东欧各国用于环境的费用至少在3 000亿美元左右。日本计划在其国内建立20个环境技术城(工业园)。美国的环境产业工业园现已有70多

项具体技术。可见,发展环境产业是大有可为的。搞好了,环保事业不仅不会赔钱,而且可以赚钱,赚大钱。这是新产业革命的曙光,是新经济发展的支柱。

现在,越来越多的人认识到,现行的各种经济社会发展模式,不能带来持续发展,而孤立地进行生态环境保护也未能遏制全球环境恶化的趋势。所以,90 年代的环保战略将发生一个重大改变,即从单纯地对生态环境的保护转向环境保护与经济社会发展全面、有机地结合,以达到生态环境与经济社会协调、持续发展的目的。未来的环保战略制定者们甚至认为,这是继农业革命、工业革命以后的第三次意义重大、影响深远的产业革命。而环境产业和高新技术产业的紧密结合,正是这第三次产业革命的主要内容。由此可见,环境产业的发展水平,将不仅决定资源、生态、环境的保护水平,而且还将决定经济社会的发展水平。所以,我们一定要将引导、扶持和积极发展环境产业,作为促进环境保护与经济社会协调、持续发展的一项重大战略任务来对待。

即使是非直接从事资源和环境产业的企业,目前也看到资源和环境保护可以带来的经济效益。各国政府都制定了各种各样的资源、环境保护法律、法规和政策,今后此类法律、法规、政策将更加严格;在国际贸易中,所谓"绿色壁垒"将成为国际市场今后主要的竞争领域;国际标准化组织于 1996 年 9 月 1 日正式颁布了 ISO-14000 系列标准,获得这个标准认证的企业无疑会在市场竞争中占据优势。在这样的背景下,有眼光的企业已经在资源、环境保护上大力投入资金和人力,并获得了巨大的收益。企业实施资源、环境管理体系所获得的效益表现在几个方面:第一是可以衡量的直接经济效益,主要体现在降低成本、节约费用方面;第二是一些无法用经济指标衡量的效益,例如环境管理水平的提高,企业形象的改善,产品信誉的树立,对消费者吸引程度的提高,员工协作的加强,等等。前一种效益可以使企业在短时期内就获得对建立资源、环境管理体系所花费的人力和物力的补偿,甚至还另有收益;后一种效益则可以在企业长期发展过程中带来不可估量的好处。从这个意义上看,任何企业都可以在从事资源产业和环境产业中获益。

第十三章　资源利用的投入－产出关系

自然资源具有价值,但它本身并不会生产,只有把劳动和资本投进去加以开发利用时,它才会产生出产品、劳务或愉悦。因此在自然资源开发利用中就有一个投入多少劳动和资本、与多少自然资源组合才能得到最大产出的问题。本章就从经济学角度分析这种投入－产出关系。事实上影响这种投入－产出关系的要素是非常多、非常复杂的,为便于分析,经济学采用归纳、抽象的方法找出其中的重要要素并把它们孤立起来,然后设想某种理想状况,其他要素的作用皆可忽略或视为常数,从而能够构筑一些分析模型,发展理论,解释自然资源开发利用中的投入－产出关系。

第一节　生产要素的投入组合:比例性

在影响自然资源开发利用的投入－产出关系的若干经济学原理中,首先要提及的是比例性(proportionality)概念,它指各个生产要素的最优组合或比例。

在自然资源开发利用过程中,人们不仅需要自然资源本身,还需要投入资本、劳动和管理。农民不能指望土地资源自己会长出庄稼,他要获得收成就必须耕耘、播种、施肥并加上田间管理,有时还得进行水利和农田基本建设。这一过程必然包含大量资本和劳动的投入。城市建筑、森林、牧场的经营者们也必须把资本、劳动与自然资源结合起来。不同的资源利用所需要的资本量和劳动量是不同的,商业和工业的开发一般需要在单位土地面积上投入大量的劳动和资本;相比之下,林业和牧业的资本和劳动投入较少,因为树木和牧草无需多少投入就能生长。无论哪一种开发都需要资本、劳动和土地(自然资源)的某种投入组合,自然资源开发事业成功的关键就在于认识各种生产要素投入的最优比例。

从经济学观点来看,自然资源开发利用行为是由报酬最大化的愿望所推动的。要获得最大报酬,开发利用者总是力图将其各种生产要素作最有利的组合。为此必须认识报酬递减律的作用,并能调节有关限制要素在开发利用过程中的影响。

一、报酬递减律

1. 报酬递减律的发现

人类生活和生产中处处可见报酬递减的现象。例如吃饭,人们饥饿时吃下第一碗饭,身体所获报酬(或效用)不少;但可能尚不足以饱腹,再吃第二碗饭,效用更增。但若不断吃不去,至某个数量后,功效必然渐减。乃至吃得过多,不仅于身体无益,反而伤及肠胃。人类的任何活动,都受到这种报酬递减规律的限制。但最早作为一种规律加以阐述,

是经济学家们从耕地的利用上证明其存在的,所以最早称“土地报酬递减律”。后来在其他经济活动中也发现其存在,故称“报酬递减律”(The Law of Diminishing Returns)。

自从人类开始利用土地起,“土地报酬递减律”就存在了,但人类发现它的时间并不长。最早注意到这一现象的是威廉·佩蒂(William Petty, 1623—1687)。他发现一定面积的土地生产力都有一最大限度,超过这一限度之后,土地的生产量就不可能随劳动的增加而增加了。

之后,杜尔阁(R.J.Turgot , 1727—1782)最早对土地报酬递减律的内涵进行了详细表述。他在自己著作中写到:“撒在一块天然肥沃的土地上的种子,如果没作过任何土地的准备工作,这将是一种几乎完全损失的投资。如果添加一个劳动力,产品产量就会提高;而添加第二个、第三个劳动力,不是简单地使产品产量增加一倍或两倍,而是增加五倍或九倍。这样,产品产量增加的比例达到它所能达到的最大限度时为止,超过这一点,如果我们继续增加投资,产品产量也会增加,但增加的较少,而且总是越来越少,直到土地肥力被耗尽,耕作技术也不会使土地生产能力提高时,投资的增加就不会使产品产量有任何提高了”。1836年西尼尔(N.W.Senior, 1790—1864)给这一规律添加了“农业生产技术保持不变”的前提条件,使这一规律得以成立。

美国经济学家克拉克(J.B.Clark ,1847—1938)在他1900年出版的《财富的分配》一书中,把生产中的要素分为不变要素(如土地)和可变要素(如肥料、劳动力)。认为在报酬达到最高点以前,不变要素的比重大于可变要素比重,可变要素的功能全发挥出来了,而不变要素的功能只有效地发挥了相应的一部分。所以,随着可变要素投入的增加,其总体生产率就大幅度上升,直到边际生产率达到最高。至此,不变要素和可变要素的比重趋于平衡,也就是说,不变要素的功能就逐渐发挥贻尽了。所以,尽管总产量是上升的,但可变要素的边际产量却是递减的。当边际产量为零时,总产量也正好达到最高点。如果还要增加可变要素,由于其与不变要素不成比例,妨碍不变要素发挥作用,总产量反而下降。

2. 报酬递减原理

土地报酬递减律的完整表述如下:在技术不变的条件下,在一定的土地面积上,当一个可变要素同不变要素相配合进行生产时,如果可变要素的投入量连续增加,则总产量的变化先是递增,然后转为递减。

对于所有自然资源,更为普通的陈述是:凡将某一变动生产要素连续投入附加到另一有限的固定要素上时,逐渐会达到一点,在此点后的每一单位投入的附加产出(或边际产出)将减少并且最终成为一个负数。这个原理就称为报酬递减律。

正是凭着它的性质,报酬递减律成为影响人类利用自然资源尤其是利用土地资源的最重要要素之一。若无这个原理的作用,人们就可以将其全部生产集中在一小块土地上,还可以在一个花盆里提供全世界的食品,全世界的人就可以在一块建筑地上解决住房问题。

可用如表13-1所示的实例来说明报酬递减原理。假设一个单位的土地作为固定的投入要素(第一列),资本和劳动的混合均质单位作为变动的投入要素(第二列)。直到某一点上(第十四个变动投入单位),资本-劳动投入对于固定要素的每一相继增加部分都使总产出增加(第三列)。这个总产出称为总自然产量(total physical product),简记为TPP。

表 13-1　报酬递减律作用的实例

固定要素投入	变动要素投入	总自然产量	平均自然产量	边际自然产量	单价 50 分时边际产出价值	单价 80 分时边际产出价值	单价 1.2 元时边际产出价值
1	1	2	2	2	1.00	1.60	2.40
1	2	6	3	4	2.00	3.20	4.80
1	3	13	4.333	7	3.50	5.60	8 40
1	4	23	5.75	10	5.00	8.00	12.00
1	5	35	7.0	12	6.00	9.60	14.40
1	6	49	8.167	14	7.00	11.20	16.80
1	7	64	9.143	15	7.50	12.50	18.00
1	8	78	9.75	14	7.00	11.20	16.80
1	9	91	10.111	13	6.50	10.40	15.60
1	10	102	10.2	11	5.50	8.40	13.20
1	11	111	10.091	9	4.50	7.20	10.80
1	12	118	9.833	7	3.50	5.60	8.40
1	13	122	9.385	4	2.00	3.20	4.80
1	14	123	8.786	1	0.50	0.80	1.20
1	15	121	8.07	−2	−1.00	−1.60	−2.40

每变动投入单位的平均产量或产出称为平均自然产量(average physical product),简记为 APP(第四列),其度量由总自然产量除以用于生产中的变动投入单位数来决定。例如,表 13-1 中第八个变动投入单位的使用带来 78 个总自然产量,所以平均自然产量是 9.75(78÷8=9.75)。在这个实例中平均报酬的最高点是随着第十个变动投入单位而来的。除了总自然产量和平均自然产量的概念外,经营者也关心每增加一个投入单位所带来的产出增量。这个概念称为边际自然产量(marginal physical product),简记为 MPP(第五列)。在这个实例中,六个变动单位的投入产生 49 单位的总自然产量,而第七个单位的投入把总产量推进到 64 单位。这两个总产量之差(64－49＝15)就表示出与第七个变动单位的使用相关联的附加产量或边际自然产量。

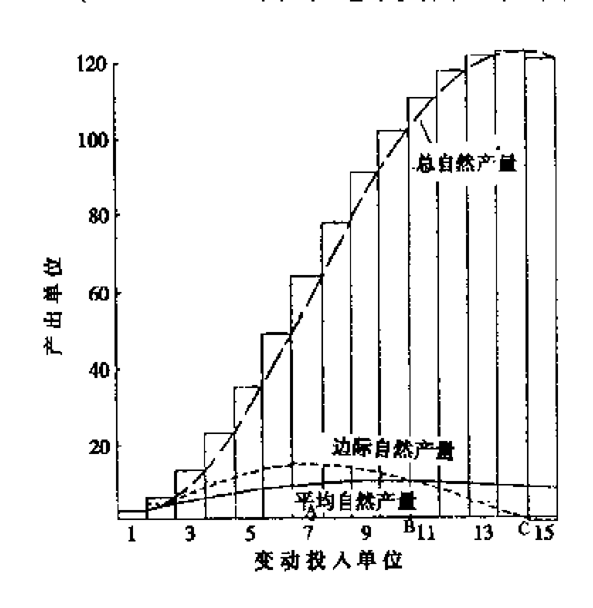


图 13-1　自然报酬递减律作用下生产函数和投入-产出关系的说明

这些概念可以用图 13-1 来说明,描述这种投入-产出关系的连续曲线称为生产函数(production function)。

正如图 13-1 所显示的,每一个生产函数都有三个报酬递减点,直到 MPP 曲线达到其峰值前,总产量以某一渐增的速率上

升。从这点开始，边际自然产量递减而总自然产量继续上升，但其上升速率渐减。在MPP曲线与底线交叉而为零时的变动投入规模点上，TPP曲线达到其最高水平——总自然产量递减点。在这点以后，变动投入的任何增量都导致总自然产量的减少和负的边际自然产量。

APP曲线在其与下降的MPP曲线的交点上总是达到最大高度，此点以后的平均自然产量逐渐减少。只要存在任何的总产量，APP曲线总是保持在基线以上的，这一点与MPP曲线不同。经营者若不断地增加阳光、水和其他可变要素的投入，则会达到某一点，此点上的附加投入将把总自然产量和平均自然产量二者都减少到零。然而，一旦越过最高自然产量点后还要增加更多投入的决定是不明智的，理所当然地不表示在表13-1和图13-1中。

3．土地报酬变化阶段的数学分析

可以用生产函数的形式描述土地报酬变化的规律。例如，农业生产的函数关系可以表示为：

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \cdots\cdots X_n)$$
$$= f(X_i) \quad (i = 1, 2, \cdots\cdots n)$$

式中，Y为总自然产量；X_i 为投入的各种生产要素数量；f 为函数关系。

为了研究生产要素的最佳投入量，人们常把其他生产要素固定在某一水平上，而只研究其中一种生产要素与总产量的关系。这时，函数表达式为：

$$Y = \Phi(X_i)$$

式中，Y为总自然产量；X_i 为某一生产要素的投入量；Φ为新的函数关系。

该函数表明，当某一可变生产要素的投入量为 X 时，所生产出的总自然产量（TPP）为 Y。通过它，还可求出生产要素的平均自然产量（APP）、边际自然产量（MPP）和自然生产弹性（elasticity of physical production，简记为EPP）。其中，APP $= Y / X$，表示平均每单位生产要素所生产出来的自然产量。MPP $= \Delta Y / \Delta X$，ΔX 表示可变生产要素的增加量，ΔY 表示在相应情况下总自然产量的增加量。MPP表示每增加一单位某个生产要素所增加的总自然产量。EPP表示报酬的变化强弱及变化方向。TPP、APP、MPP的变化如图13-1。

当生产要素 X 在从0增加到A这段区域内，MPP递增，且直到最高点；TPP和APP也是递增的，但都未达到最高点。因此，生产要素的投入量不应停止在此区域内。

当投入的生产要素由A点增加至B点时，MPP递减，其曲线下凹，并向下延伸；TPP以递减的速度增加，仍向上延伸。在B点APP达到最高点，并与MPP相交。

当投入量从B增至C点时，APP开始下降，但其数值高于MPP，即APP＞MPP。至C点时MPP减至0，TPP达到最高点。如果只考虑实物形态的报酬（自然产量），C点就是最佳投资点。如果考虑价格要素，最佳投资点应在B、C之间。

当投入量超过C点以后，再追加投资，MPP可能为0，也可能为负数。TPP的绝对数可能不变，也可能减少，但这二者都不可能再增加。所以，投入量不应超过C点。

二、经济报酬递减律

我们到目前为止的讨论基本上还是研究自然投入递减律,这个自然概念在生产中是很重要的。但还应认识到,必须以价格的观点来看待种种投入-产出的可能性,即不仅要考虑自然的投入与产出,也要考虑与投入和产出单位相联系的成本和报酬。实际上,对经济纯收益最大化的关注远大于对自然产出最大化的关注。简言之,必须关心经济报酬递减律[①]。

要把报酬递减的自然概念转变成经济概念,可以通过直接把成本赋予每一投入要素,并把市场价值或价格赋予所生产的每一产量单位来实现。借助这种调整,总自然产量、平均自然产量和边际自然产量的概念就分别转变为总报酬、平均报酬和边际报酬的概念,与这些报酬有关的成本概念就是总成本、平均成本和边际成本。一旦作出这种转变,经营者们一般都会发现,最有利的情况是把生产推进到这样一点:即边际产值等于或刚好超过边际成本的那一点,这就是经济报酬递减点。只要经营者围绕他的稀缺要素或限定要素来组合他的变动投入要素,他总可望在这点上获得最高纯利益。

我们的大多数经济分析都涉及直接导源于报酬递减经济概念的生产问题。经济学家们在应用这个概念时常发现,在某种投入单位的基础上计算成本和是合乎愿望的。在另一些时候人们又认识到把成本和报酬与产出单位联系起来对待更为恰当。两种方法各有千秋,两者在资源经济分析中都有很多用处,而两者都包含着对同一个基本原理的应用。这里只阐述投入单位方法。

只要是在投入单位基础上计算成本和报酬,人们就能够直接通过把价值赋予自然产量的每一单位,并把生产成本分派给变动投入要素的每一单位,从而将报酬递减的自然概念转变为经济概念。借助这个转变就可以把边际自然产量的价值表达为每投入单位的边际报酬,或简称为边际产值(marginal value product,简记为 MVP)。同样,也用总产值(total value product,简记为 TVP)和平均产值(average value product,简记为 AVP)的概念来分别表达总自然产量的价值和平均自然产量的价值。

在成本这方面,一般用要素成本(factor cost)这个术语来表示与变动要素投入的使用相联系的成本。这样,与每一相继投入单位相联系的成本增量就称为边际要素成本(marginal factor cost,简记为 MFC),而每投入单位的平均成本称为平均要素成本(average factor cost,简记为 AFC)。

只要将表 13-1 所列的每一自然产出单位和变动投入单位都设想为 1 元的价值,解释经济投入-产出关系的投入单位方法就可得以说明。利用这个假设,并假设土地是固定要素,经营者将会发现把生产推进到他的第十三个投入单位是最有利可图的。在这一点上,他以 1 元的边际要素成本获得 4 元的边际产值。这样,他在最后一个变动投入单位上实现了 3 元的纯收益。如果他再加入第十四个投入单位,那么 1 元的边际价值产出刚好等于这第十四个投入单位的边际要素成本,他得失相当。他可能会决定加入这第十四个投

① 有些作者把自然概念称为"生产递减律"或"实物产出递减律"。经济概念常常简称为"报酬递减律"、"变动比例律"或"比例性规律"。有些作者把报酬递减的概念限定为组合,其中土地被当作中心的或限定的要素,而用变动比例概念来表示其他类型的组合。

入单位，然而由于这最后一个投入单位对他的纯收入毫无贡献，他也可能制止它。经营者推进到第十五个投入单位，他的边际要素成本还是 1 元，而他的边际价值产出则会成为一个负数。

如果此例中的经营者根据总的纯收益来考虑，他可能会自问：他为什么要把生产推进到那个使他的边际产值等于或刚刚超过他的最后一个变动投入成本的点上呢？为什么不在获得较高边际报酬的某一点上停下来呢？包含有上述成本假设和表 13-1 所列生产数据的几个简单计算显示了为什么把生产推进到 MFC＝MVP 的点上是最有利的。如果经营者在其第十个投入单位上止步，他将获得 92 元的纯收益（值 102 元的总产值减去 10 元的变动投入成本）。第十一个投入单位的使用给他带来达 100 元的纯收益。随着第十二个变量投入，总纯收益将达到 106 元；第十三个变动投入使总纯收益达到 109 元；第十四个投入单位仅仅负担了本身的费用；而如果施加第十五个投入单位，那么总纯收益就降至 106 元。

经营者认为与他的固定要素相结合的最有利的变动投入准确数量总是取决于现在的成本和价格条件。若设每一变动投入要素值 4.75 元（参见表 13-1 中最后三列），那么在他的每一产出单位的价格为 50 分时将生产仅仅推进到第十个投入单位对于经营者是合算的；在价格为 80 分时，把生产推进到第十二个投入单位最有利；而在价格为 1.2 元时，使用第十三个变动要素投入单位最有利。如果变动投入的单位成本上升到 7 元，经营者将减少他所用的变动投入数量。反之，如果变动投入单位成本下降，增加使用资本和劳动的投入将是有利的。

在经营者们作出有关变动投入的相继数量与他们的固定要素组合的决定时，产值分析有助于他们作出可能的选择。经营者想要使他们的纯收益达最大，他们可以通过使用使其总价值产出与总要素成本之间的差距达到最大的变动投入数来达到这个目的。正如图 13-2 所示，这个最大差距总是在 MVP 等于或刚刚超过 MFC 的那一点上产生。这个数学公理有助于把经济分析集中在边际产值与边际要素成本的关系上。

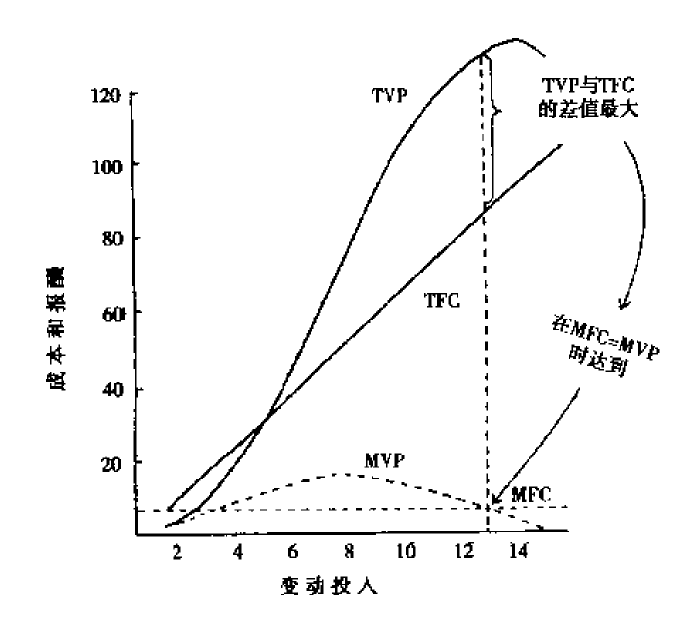


图 13-2　边际产值与边际成本相等的点纯收益最大

第二节 比例性原理的应用

一、在管理决策中的应用

比例性概念是不是一种纯粹的理论？它在自然资源的开发利用中有多大的实际意义？资源管理和经营者对它会给予多大程度的重视？要回答这样的问题，首先应当考察比例性概念在管理决策中的重要作用。

1. 比例性原理的实践意义

比例性的中心目标是以一种能提供最大报酬的方式组合生产中所用的各种资源。一切生产者都或多或少地关心这一目标。确实，其中好些人从来未听说过"比例性"，仍然按传统的方法进行经营管理。但是，成功的经营者对这个概念都有某种确实的感受，知道成功的关键在很大程度上依赖确定各种生产要素之比例的技巧。

几乎每一种土地利用都有频繁应用比例性的例子。工厂在决定用多少原材料、雇用多少工人、为改变成本或价格应作何调整时都要利用比例性原理。商业经纪人在考虑他要用多少场地空间、花多少广告费、提供何种货物和服务时也应用这个概念。农场主在决定用多少种子或肥料、耕种多少作物、饲养牲畜要付出多少饲料时同样要利用这个概念。

林场经营者在决定花费多少于植树和立木改良措施上时，在决定是把树木砍掉造纸浆还是把它们保留到可作木材时都要考虑比例性。矿产开发者们在决定有利的最大采矿深度和值得处理的最低矿石品位时要用到这个概念。比例性对想知道拟建办公大楼的最适高度和规模的不动产投资商来说，也是有用的。土地开发商要考虑能花费多少用于测量、开发和改善一块可作居住区的地块，以能对投资带来利润的未来市场价格卖出他的地块。对这个土地开发商来说，比例性就提出了一些重要问题。

比例性决不局限于涉及经济报酬最大化的决策，被非经济目的所促动的经营者们也要用到它。设计师和规划师们若要在预算限定内实现最高质量标准，必须利用这个概念来组合其计划内的各要素。政府官员和工程师们在确定资金的最优配置和用途时，也要应用这个方法。公共机构和私人慈善组织也应用比例性来制定各种计划和安排的组合，以使他们的活动获得最大社会效益。

经营者们应用比例性概念的成功既取决于推理的明晰性，也取决于对不确定性问题和不完备知识问题的反应。如果有完备的知识和预测，在把投入分配到准确的最大报酬点时，使用静态投入-产出模型是相对容易的。但是这些假设却很难应用于现实世界，一般的经营者对于影响事业的生产条件只具有有限的知识。在已知事实以外，只能在一种期望的范围内经营，这些期望包含一些有很高可能性的假设，也包含一些被不确定性弄得模糊不清的假设。为适应这种情况，有时不得不作出一些实际基础不牢固的盲目决定，但是他的这些决定包含着符合某种合理期望范围的适当风险。

在现实生活中，大多数经营者都知道不可能事先预测将带来最高纯收益的确切产出组合。当试验一种新的事业时，必须尝试各种投入组合；而在越过最高经济或自然报酬点以前，很难处于能认识到这个点的地位。甚至当具有必要的经验和试验数据用以指导选

择各要素的最优组合时,也必须使自己关注气候和自然的变化莫测,关注由成本、价格、市场供给和消费者需求关系的变化所引起的各种不确定性。

在这样复杂的情况下,人们会符合逻辑地发问:经营者怎样才能在决策过程中应用比例性概念呢?在缺乏完备的知识和预见时,在总是必须推测整个生产过程中将遇到的成本、价格和产量形势时,如何才能确定各要素的最优组合呢?怎样才能适应企业界的动态变化情况并适应两个或多个生产函数的瞬时作用呢?考虑这些要素对经营者应用比例性的影响,必须处理好以下几个问题:①在合理行为带范围内经营的问题;②适应动态条件问题;③对多生产函数的反应问题;④在涉及两个或多个事业时对均等边际原则的认可问题。

2. 合理行为带(zone of rational action)

成功的经营者都是在所谓合理行为带范围内经营的。合理行为带是生产者在给定的生产函数中可望使其报酬可能达最大的投入-产出组合范围。经营者通常知道,由于人的局限,要把投入测定到准确的经济报酬递减点是不可能的。但是,只要遵循一定事业的经济投入-产出模型,通常可把生产推近到靠近经济最优点。在这个意义上,可以把 MFC=MVP 的那个生产点看作神枪手目标上的靶心,在瞄准这个经济目标时,可能有时打在靶心上边,有时打在靶心下边。然而,只要把经营保持在一个合理的范围内,就可以利用对比例性的知识和感受,来把经营保持在目标范围内并且有利可图。

合理行为带的概念是与生产函数分析紧密联系在一起的。如图 13-3 所示,一般的生产函数都可划分为三个部分或阶段。第一阶段包含所经营事业对第一批变动资源投入的生产反应,在这一阶段,生产稳定地从零上升到每投入单位的最高平均自然产量点。第二阶段从最高平均自然产量点开始直到总自然报酬递减点,在这一阶段,总生产继续上升,但是平均自然产量下降,而边际自然产量降至零。这个阶段就是所谓的"合理行为带"。第三阶段是在生产者超过总自然报酬递减点后仍继续施加投入,这显然不合理。

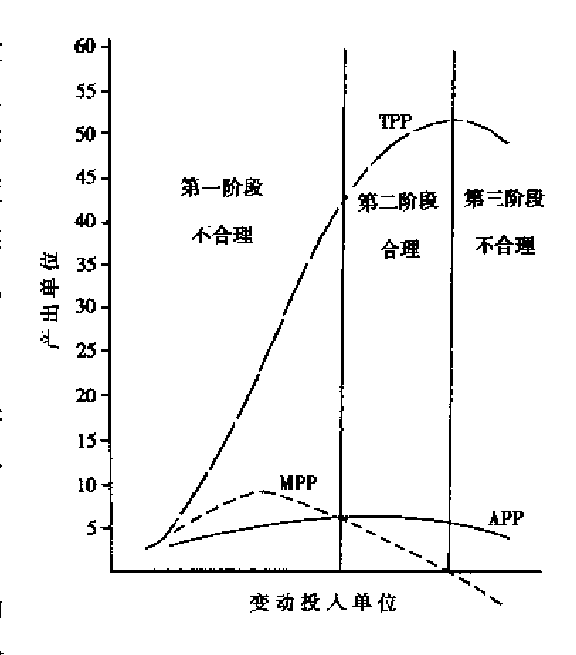


图 13-3 显示合理行为带的生产三阶段

当把价值和成本赋予图 13-3 中所示的自然生产数据时,最高利润点总是在第二阶段发生。那个使 MFC=MVP 的点在这个带的中心附近。

在第一阶段,经营者们无论是增加更多的变动投入,还是当这些变动投入供给有限时,把它们集中用到较小的固定要素部分上,都是有利的。只要他们具有充分的变动投入供给,把生产停滞在这一阶段是不合理的,因为施加附加投入就能很容易地增加其平均报酬。另一方面,在第三阶段,经营者必须减少用在每单位固定要素上的变动投入数,这样

才合理。

大多数经营者都通过在合理行为带内经营来努力增进其利润前景。但很多人常常超过或达不到这个目标。之所以不能在这个合理阶段内经营,可能要归咎于无知、缺乏技术和管理能力,或者资源分配不当。要素成本的变化莫测和市场价格的突然变化,也会使经营者在一种不经济的水平上生产。洪水、干旱、冰雹或森林火灾之类的自然灾害对有些类型的经营也有这种影响。

3. 对动态条件的适应

在合理行为带内经营时还必须克服不确定性问题。与具有完善的知识从而能借助某种确定模型经营的"经济人"不同,现实生活中的经营者总是必须准备使决策适应动态世界的变化。在任一时刻作出的决定,都部分基于对某些已知事实的了解,部分基于关于未来价格、成本和产量形势的预测。

随着时间的推移和生产过程的展开,经营者原先的期望可能实现也可能不实现。当如预计的那样实现时,经营者常常能继续原先的行动路线。当情况变动时,警觉的经营者常常会重新考虑生产计划并作出适当的调整。例如,在某一特定市场产品的生产过程开始以后,该产品市场价格的上升对增加使用那些能促使提高生产的投入类型通常是有利的。与此类似,市场价格的下降会使生产者把他的产品囤积起来供以后售出。

大多数企业管理者在进行生产经营时都必须不断修定预测并调整计划。在这种调整过程中常常会认识到:必须把已经施行的投入看作固定要素,围绕这个固定要素来调整那些尚未施行的变动投入。一个认识到其产品市场前景不好的制造商会中断新的生产,廉价抛出存货,或力图改变其产品用途来挽回损失。同样,一个在作物生长中途发现面临着低产或低价前景的农场主,会通过收割作物以作它用(例如作为牲畜青饲料,甚至翻犁进土以肥田)来适应这种形势。

当经营者接近结束生产过程时,把过去的投入看作固定要素的必要性,必然使可供选择的范围更窄。这种情况的意义可通过一个房屋建筑商的实例来说明。当这位建筑商着手其建筑经营时,他一般可以在居住结构的几种风格和类型之间选择。然而一旦已打好地基并建造好格架,他通常会认识到已被其计划的一般模式所束缚。在这一阶段,他仍然可以自由地改变很多细节,可以用某些类型的投入来替代另一些投入,而且可以在一定范围内降低或提高房屋的等级来迎合一定水平的市场需求。但是随着生产过程的继续,他就很难指望走回头路,很难指望在已完成的工作中作彻底的变动。而且越接近房屋的完成,他能作出的修改的余地越小。

4. 多生产函数

以上全部讨论,都是根据所谓标准化或一致要素对诸如土地这种固定要素的相继投入来思考的,这是简单的投入-产出关系或资源-产品关系。这样把注意力集中在单一生产函数上,可更易于认识比例性原理的主导原理。但是现实世界中仅仅处理单一生产函数的经营者寥寥无几。

生产一般要包含多种多样的非一致投入(不同种类的原材料、机器和劳力)与一个固定要素的组合。有时这些投入必须一起使用,有时又可以相互替代;有时它们是不能分开

的,因而必须作为整体单位使用,有时又可以把它们分成较小的使用单位。通常在不同时间、以不同的次序分别使用它们;它们也具有不同的成本,可以与其他要素作不同的组合并产生不同的结果。

生产中每一个用于固定要素组合的若干变动投入类型都有自己的生产函数,其中很多都与另一些必要投入的生产函数平行并互补。由于它们的数量较多并相伴出现,必须同时对付各生产函数的全部组合。在这个过程中经营者会发现,变动投入的最优利用要求不同的经营规模,任一要素的最优利用点不一定就能代表整个事业的最高利润组合。

面对这个问题的经营者们通常根据每一投入要素对总体的贡献来看待其使用[①]。他们有时在一种侥幸的基础上经营,但是他们一般会认识到,试验各种组合并观察别人的行动以便能确定最有利的资源组合才是上策。在这样做时,他们就被合理的判断所引导,利用对比例性原理的感受来推动其资源要素的切实可行且有利可图的组合。

5. 均等边际原则

到目前为止,我们一直在假设经营者基本上经营一种事业,而且可与单个固定要素相结合的变动投入要素丰富到不受限制的程度。有了这两个假设,人们逻辑上可望把其生产推进到经济报酬递减点上。然而在实际情况里一般经营者的生产要素供给是有限的,他通常可以把这些要素分配给多种可选择的用途。这些情况结合起来就要求对经营者的生产目标作些改动。具有有限资源的经营者并非总是把生产推进到使 MFC = MVP 的点上,而是应用均等边际原则。

均等边际原则指的是:当我们利用有限资源时,应将它适当地分配给各种用途,使其在每一种用途中所获得的边际报酬大致相等,这样才能使各种用途的总报酬最高。

这个原则鼓励经营者将资源向能得到更多纯收益的事业转移,并把投入在各种事业之间作恰当分配,以能使其总报酬达最大。例如,如果一个生产鞋和手提包的制造商对这两种产品具有类似的投入和成本,并且发现他的最后一批变动投入用于手提包提供 5 元的边际价值产出,相比之下用于鞋则提供 12 元,那么他一般会把他的一些变动投入从手提包生产移向鞋的生产,直到这两种边际价值产出大致相等。

可以用表 13 2 所列实例来说明扯平各种边际价值产出时所出现的土地利用问题。该例假设一个经营者有 30 个变动投入单位,每单位的成本是 3 元;他想把这些投入用在三片土地上,每一片土地的生产函数都不相同。如果他的变动投入供给不受限制,那么应该得把三片土地的生产都推进到 MFC = MVP 的那一点;即在第一片地上推进到第十六个投入单位,在第二片地上推进到第十三个投入单位,在第三片地上推进到第九个投入单位。这样做需要 38 个投入单位,而他只能使用 30 个。

在寻求对变动投入作最优比例分配时,可以对每片土地施加相同的数量(十个投入单位)。这将得到(95 + 80 + 59 =)234 元的总产值。这显然不是最优组合。因为第三片地上的第十个投入单位得不偿失。如果把这最后一个投入单位从第三片地上移到第一片地上,就能保证 9 元的边际价值产出而不是 2 元,因而总产价将增加到(104 + 80 + 57 =)241

① 关于多生产函数的分析,在生产经济理论中已发展了各种技术。涉及一两个变量的简单情况可用几何图解来说明,而且常可用简单推理来处理。变量数的任何增加一般都会加重人脑推理能力的负担。例如,涉及四个变量的情况就需要五维的图解。在分析此类多生产函数时常可利用高等数学,但很少有经营者按高等数学来思考。

元。把边际投入移向能赢得较高边际产出一方的进一步试验显示，经营者可以通过这样分配变动投入的比例来使报酬达最大，即可以从用于每片土地土的最后一个变动投入单位中确保大约均等的边际产值。如果在第一片地上使用13个变动投入，第二片地上用10个，第三片地上用7个，从每一片地获得的边际价值产出都是7元，因而保证了(119+80+49=)248元的最大总产值。

表13-2　均等边际原则在变动投入分配中的应用实例

变动投入数量	第一片地		第二片地		第三片地	
	TVP	MVP	TVP	MVP	TVP	MVP
6	47	11	45	10	42	9
7	59	12	56	11	49	7
8	72	13	65	9	54	5
9	84	12	73	8	57	3
10	95	11	80	7	59	2
11	104	9	86	6	60	1
12	112	8	90	4	60	0
13	119	7	93	3		
14	124	5	95	2		
15	128	4	95	0		
16	131	3				
17	133	2				

注：变动投入单位为30个，每个成本为3元；分配到具有不同生产函数的三片土地上，此时每单位产品的市场价值是1元。

二、规模经济

1. 概念

在报酬递减律的分析中，我们把土地资源(或自然资源)看作固定投入，分析劳动和资本投入的变动而引起的收益的变动情况。这比较符合短期的情况，从短期来看，自然资源和土地的利用者往往都被束缚在某一区位上，因为自然资源一般都固定在一定区位上，土地资源尤其如此；而且自然资源的所有权或使用权一般很少在短期内改变。

但从长期来看，自然资源所有权或使用权的获得是可变的。例如工厂要扩大生产，建新的项目或厂房，因而要扩大用地；农民可能承包更多的土地；商店可能因生意冷落而去另一地段开张，因此自然资源或土地的投入量可能增加或减少。此外，已获得所有权或使用权的自然资源或土地，其地租率、征税率、保险金等费用也会变化，从而使其成本也变化。总之，从长期来看，自然资源和土地也应看作是变动要素。

当所有生产要素都是变动投入时，也就是当整个生产规模变动时，所发生的收益的变动称为规模经济。

2. 内在经济与外在经济

规模经济可以从内在经济和外在经济两方面来分析。

内在经济：指一个生产单位在规模扩大时从自身内部所引起的收益的增加。例如，扩大生产规模使内部分工更细，生产效率更高；减少管理人员的比例，可以购买大型设备从

而提高生产率;可以充分利用副产品;可以大批量的进出而减少购销费用等等,这些都是内在经济的表现。

内在不经济:与内在经济相对,一个生产单位在规模扩大时由自身内部所引起的收益的下降。例如,因规模扩大而使管理不便,管理效率降低,内部通讯联系费用增加,在购销方面需要增设机构,人多而浮于事等等。

外在经济:指整个行业规模扩大和产量增加而使个别企业所得到的好处。例如,整个农业的发展,可以使个别农户得到服务、运输、科技情报、人才供给、修理等方面的方便条件,从而使个别农场减少成本支出。

外在不经济:与外在经济相对,整个行业规模扩大和产量增加而使个别企业成本增加,收益减少。例如,整个行业的发展,可能使招工困难,动力不足,交通运输紧张,地价和原材料价格上涨,或引起严重环境问题等,从而使个别企业减少了收益。

3. 规模收益的变动

规模收益递减:规模扩大后,收益增加的幅度小于规模扩大的幅度,称为规模收益递减。这种情况是规模不经济的结果。规模收益递减也包含这种情况,即规模扩大后,不仅收益增加的幅度小于规模扩大的幅度,而且收益绝对地减少,即规模扩大使边际收益为负数。

规模收益递增:规模扩大后,收益增加的幅度大于规模扩大的幅度,这种情况是规模经济的结果。规模扩大是有限度的,超过一定限度后,规模收益递增将变为规模收益递减。

规模收益不变:规模增加幅度与收益增加幅度相等。这通常是从规模收益递增转变为规模收益递减之间的过渡阶段以后发生的情况,一般不会持久。

适度规模:显然,自然资源开发利用和任何生产事业一样,都有适度规模的问题。适度规模的原则,至少应该是使得规模收益不变,它应尽可能使规模收益递增,而不能使规模收益递减。规模小于适度规模的企业在竞争中处于不利地位,规模大于适度规模的企业将会分解为较小的生产单位。

自然资源开发利用中的很多经营者都没有达到适度规模,这在我国农业土地资源的利用中尤为突出。主要原因在于我国人多地少,而大多数农民又只有依靠土地为生,因此人均土地既少又分散,难以达到适度规模。这是限制我国农业发展的一大问题,也是学术界的研究难题。一条途径是发展乡镇企业,使大多数农民“离土不离乡”,而把土地承包给少数种田能手,达到适度规模。

三、限制要素和关键要素的重要性

应用比例性原理中最为重要的问题之一,是鉴别限制要素和关键要素并作出相应的调整。这个问题之所以产生,是因为个别生产者所能得到的资源常常具有稀缺性和不可分性。每一个经营者都要对付生产资源的有限供给,并且常常把某一个限制要素(例如土地)视为固定要素,围绕这个固定要素来确定其变动投入的比例。有时可能会具有与固定要素作最适投入组合所需的全部变动投入,但是某些特殊投入的稀缺供给和战略性质,常

常会使这种资源成为一种"瓶颈"要素突出起来,这就阻碍了生产过程的正常运转。

一般生产者的基本问题常常是其经营适应某些特殊投入要素所起的战略作用;同时要认识到,某些要素在某一特定时期可能具有战略意义,而在其他时候则仅仅具有常规意义。例如,水资源对工业或农业利用的供给在正常情况下一般应该是当然的;但是如果水井干涸、水管爆裂或某地区受旱灾影响,它就会作为一种危急要素突然耸现。

一个成功的经营者必须能够鉴别限制要素,并准备好围绕这些要素调整生产决策。当某一特殊要素(例如水)供给稀缺时,必须对这个资源的使用实行配给,并要努力把各种投入组合得能保证其关键要素的最高报酬。同样,当资本、劳力或管理的供给有限时,就应该把这些要素而不是土地资源处理为固定要素,应围绕这些要素决定各生产要素的比例。

1. 不可分的投入

多数生产组合中常常出现的不可分投入问题,提供了生产中限制要素和战略要素的一个重要实例。由于其不可分性,这些投人经常使经营者们必须作出选择——或者使用比所需更多的资源供给,或者满足于比最有效使用所需更少的供给。

很多资源投入都是高度可分的。诸如农药、肥料、水一类的生产要素都可以零碎地使用,也可以成吨地添加。然而也有很多资源可能是高度不可分的,如果要分也只能分为大型单位。例如劳动可以按小时和分钟计算,但是一个被雇的人或一个熟练劳动者则通常必须当作一个单位来对待,他的服务是按天、周或月计量的。与此类似,两个工厂可能共有一座大型设备(如水压机),两个农场主可能共有一架农用飞机。个人所有或个人控制的愿望,常常使两个经营者都要选择完整的投入单位。这就可能意味着每一位经营者要么放弃占有完整单位而使经营不经济,要么完全占有整个单位而使其利用潜力不能充分发挥。

土地常被想成一种容易划分的要素。确实,农田和地块是可以划分的,也易于相互合并;但是农场、地块和大楼通常是作为完整的单位,而不是分离的地块或单个房间来出售。由于这个原因,工厂和零售商常常不得不在目前受挤夹的地方经营,因为没有相邻的空间可供扩展。农场主们也不得不经营规模不经济的农场,因为不能将土地面积扩大到适度规模,或者因为如要扩大就必须购买整个相邻的农场,而这又超过了他们的购买能力。同样,一个小工厂或小商店的经营者对扩大经营规模会犹豫不决,因为与扩大或调换目前的建筑空间相联系的费用太高。

2. 生产中的资源替代

生产者们常常发现可以用不同的投入要素组合来保证大致相等的纯收益。这就意味着他们经常可以通过以其他资源来替代供应短缺的资源,从而适应他们的限制要素。当一个经营者的劳动供给短缺时,他可以使用节省劳动的机器,这样以资本来替代劳动。同样,当他手中只有有限的土地资源供给时,他常常可以通过对他的土地资源进行更加集约的利用来以资本和劳动替代土地要素。

当一种资源投入的价格对于一种可替代物的价格相对增加时,经营者的投入通常转移向替代物。所以,劳动成本相对于机器成本上升将使经营者考虑装备自动化设备。同

样，在土地紧缺地区，土地价值相对于其他投入成本较高，这常常有利于在生产过程中用资本和劳动来替代土地。

资源替代的机会对于促进技术发展也起着重要作用。随着工业革命的进展，人类已发现在生产过程中可以用很多新材料和新发明来替代另一些要素。蒸汽机和汽油机已取代了大量的畜力和人力。工业中的大生产技术已广泛替代了作坊工业中远为低效的劳动利用。联合收割机和其他类型农业机械已省出大量农业劳动以作它用。这些例子只不过说明了生产中新技术对资源替代的巨大影响。将来可望取得更加伟大的发展，那时人类将掌握对付现在阻碍他们的限制要素的能力和技术。

3. 均等边际原则与机会成本

机会成本是指把一定的资源用于生产某种产品时，所放弃的生产另一种产品的价值，或者说，机会成本是指利用一定的资源获得某种收入时所放弃的另一种收入。

例如，一块土地可以种植小麦，也可种大豆。为种小麦而放弃的大豆产量的价值成为生产小麦的机会成本。又如为上学而放弃就业可能得到的收入，成为为上学而付出的机会成本。再如上面例子中，把一个单位的边际投入放在第三块地上的机会成本，就是若把它放到第一块地上可得的边际产出。

从机会成本的概念可以看出均等边际原则的正确性。均等边际报酬也就意味着相同的机会成本。

在经济分析中，均等边际原则用于生产要素的投入组合分析；而机会成本常与影子价格的概念联系起来，广泛地应用于费用-效益分析中。

四、比例性与宏观资源问题

我们迄今的讨论，基本上是在个别企业角度上来看待比例性的应用，也就是说比例性概念频繁地应用于微观经济分析中。比例性概念也可普遍地应用于整个社会的生产和资源问题，即用于分析宏观问题。

1. 自然资源的极限

我们一再提到了自然资源的极限，现在我们从经济学角度，从报酬递减律上又一次看到了自然资源的极限。把自然资源看成固定的要素，在人口不断增加、消费水平不断提高的今天，要满足人类需要就不得不加大资本、劳动(包括技术)的投入。二战后的历史表明，人类在这方面已取得了很大成功，主要表现在全世界粮食生产的增长快于人口的增长。但报酬递减律告诉我们，人类最终会面临报酬全面递减的问题。事实上，当今世界上很多地方已出现生产成本上升而单位成本收益下降的现象，从而使自然资源保护和开发的问题日益紧迫。由于最好的且最易获取的自然资源已经被开发利用，人类面临越来越大的困难，要去开发那些丰度和区位都较差的自然资源，其劳动和资本的投入需要大大增加，而其产出却相对较少。随着需求的进一步增加，这个问题会变得越来越严重。

2. 技术的作用

我们在分析报酬递减律时，是假设在一定技术条件下，会出现报酬递减现象。但一旦

科学技术发生变化(尤其是发生革命性变化)时,将对生产要素的投入组合产生巨大影响。现代科学技术已一再防止或至少是推迟了报酬递减的出现。科学技术进步为改进比例性提供了成千上万种方式,新技术使过去几乎无用的自然资源获得新的价值。技术要素对生产发展的影响,可用美国农业部的一份分析报告说明,该报告指出,80 年代与 60 年代的平均状况相比,所增加的作物产量中有近四分之一应归于技术进步,畜牧产量中有三分之一归于技术进步,尤其在家禽生产中技术进步的贡献更高达二分之一。科学在满足人类对食品、住房、能源等需求方面的贡献巨大;科学可以帮助人们进一步利用自然资源(无论是深度还是广度);还教会人们如何在不损害环境的条件下利用自然资源;科学还帮助人们不断发现新的资源;合成很多自然资源的代用品,从纤维、塑料直至金属和食品。

总之,新技术和科学知识的不断应用可以减缓报酬递减律的作用。然而,能减缓到多大程度还是不确定的。对比新马尔萨斯主义者与丰饶论者之争(见第一章),未来世界的发展可能将介乎两种极端观点的预言之间。但有一点是肯定的,即世界上自然资源基础的承载力是有限的,人口数量不能无限增长下去,人们不能在一个只有立足之地的地球上享受科学技术所带来的富裕生活,人口数量必须稳定在一个适度水平上,否则人类将受到报酬递减的威胁。

第三节　自然资源利用的集约度

比例性原理最简单和最直接的应用,是土地资源利用集约度的确定。集约度(intensity)这个术语在应用于土地利用上时,指的是生产过程中与单位土地相结合的资本和劳动的相对数量[①]。每单位土地上包含很高比率的资本和劳动投入的土地利用类型是集约利用;相对于所用资本和劳动数量包含了更大土地面积的那些利用则称为粗放利用。

各种地区在土地利用的集约度上是显著不同的。城市土地尤其是商业中心区的土地通常要作很集约的利用,农地利用的集约度一般稍低,而林地和牧地的集约度更低。集约度的这种广泛区别主要与不同土地利用类型相联系,也与供一定用途的土地地区的不同利用潜力相联系。

一、土地利用的集约边际和粗放边际

当人们考虑土地利用的集约度时,重要的是区别集约利用和粗放利用,区别土地利用的集约边际和粗放边际。在农业土地利用中的集约边际是集约度的最高限度,是一定自然资源利用中所增加的产值刚刚能补偿其追加的劳动和资本成本的那一点。这个概念不仅适用于农业,也能应用于城市、矿产、运输和其他土地利用。集约边际是随着边际成本超过边际报酬以前所能施加的最后一个相继变动投入单位而达到的。

① 可以把这个概念分成一对概念,即初始集约度(或初始生产的集约度)和二次集约度(或二次生产的集约度)。初始集约度(primary intensity)指的是在诸如作物、矿产、办公或居住空间以及公路等土地产品的生产中资本和劳动对土地的直接应用。二次集约度(secondary intensity)涉及发生在特定地点的土地产品加工中资本和劳动的应用,这一概念可应用于农场中的养殖业、矿物冶炼、加工业和商业经营,甚至于住房空间的居住使用。当不加限定词头使用时,"集约度"这一术语通常既表示初始集约度也表示二次集约度。

与集约边际大不相同，土地利用的粗放边际可以看成是集约度的最低限度，在这个边际上的土地只能使产出刚够补偿生产成本。集约边际适用于土地的所有生产利用，集约边际代表了社会中的一般情况，用以确定最有利的变动投[illegible]有[illegible]

[illegible]

而C会投入六个单位。在这种情况下，集约边际会上升到 $M''N''$，而粗放边际会外移到 $N''R''$。

经营者们在把新的土地投入利用，或把已开发的土地从较低利用转变为较高利用时，常常超过了粗放边际或集约边际，导致资源配置不当。一旦出现这种事情，边际以下的土地利用通常应该被放弃，边际以上的土地则应该转向较低利用类型。

价格条件的变动会使集约边际和粗放边际变化。原来有利可图的土地，在经济萧条时期的较低产品价格下，迫使粗放边际或无地租边际左移，它们突然之间变成了边际以下土地。这些情况迫使某些经营者退出生产。然而，在很多场合中土地经营者们仍以某种财务损失维持生产，他们通过动用个人或家庭的储备，通过接受较低的劳动收入因而降低他们的生活水准，通过向他人借用资金，通过接受来自各种公共机构和私人机构的财政援助或津贴来维持自己的生活。

随着经济萧条时期的流逝，关于边际土地和边际以下土地已听说得很少了。这种变化的原因非常简单，在较高价格水平和较好经营条件下，粗放边际又向右移动了，经济萧条时期勉力维持的土地又变得有利可图了。这个经验对于将来具有深远的含义，它表明较高的价格在把各种粗放土地利用推进到那些现在认为对这些目的是边际以下的地区去时所能具有的作用。

二、影响利用集约度的一些要素

很多要素都影响着土地利用的集约度。如果一块地被选作工业或商业开发，那么比之用于农业、牧业或林业目的时，一般会获得更集约的利用。土地利用的集约度通常还反映出土地的自然特征、相对于市场的区位和一般利用潜力。

正如已经指出的那样，当产品价格上升时，经营者常常认识到对已开发土地作更集约利用和把未开发土地投入粗放边际上的利用是有利的；而产品价格的下降则有相反的作用。生产和销售成本的变动也会影响土地利用集约度。若成本较高而价格不变，则经营者一般认为有必要紧缩生产。另一方面，若生产和销售成本降低而价格不变，则通常会促进更为集约的利用，直到追加投入增量使得边际成本等于边际报酬的新点。

不断增加的人口压力一般会要求更集约的土地利用。有时这是由需求增加对产品价格的影响而引起的。按马尔萨斯的观念，这也会起因于人口压力在迫使劳动成本降低到维护生存水平时可能具有的作用。

生产中的限制要素对于土地利用集约度也常有重要影响。当工业设施、商业铺面或农场中所包括的土地或空间供给是限制要素时，经营者们就受到充分的经济刺激要把他们的经营推进到集约边际。但是当某些非土地资源如经营者的管理能力、不充分的经营资本供给、或固定的劳动力是限制要素时，经营者们就认识到围绕他们的稀缺资源来安排各种要素的比例是最为有利的了，即使这会导致集约度较低的土地利用也罢。

家族和经营者的态度对于集约化实践也有重要影响。某些侨民组织和宗教社团时常表现出接受艰苦劳动和低生活水平的愿望。在这种价值取向下，这些经营者常常认为可以把生产推进得比大多数与之竞争的经营者更远。随着集约土地利用实践而准备接受的较低劳动报酬和较低管理报酬，使这些经营者可以在购买土地时的出价高于其他预期买

主。

考虑所有的方面，土地利用的集约度总是包括若干相互关联的作用要素。一般而言，具有高利用潜力的地区比之具有低生产潜力的地区可以作更集约的利用。在实践中是否遵循这个关系，取决于其他因素的作用和相互关系，这些要素，例如有人口压力、经济发展阶段、资本和劳动的可得性、土地所有者和经营者的态度和目的。包含在这些要素中的差别有时会导致具有有限潜力的地区的集约利用，而附近具有更大生产潜力的地区却仍旧开发不足或利用不足。

第十四章　自然资源评价

人类对自然资源的需求是不断增加的，要求相应地扩大自然资源开发利用的深度与广度，于是需要陆续地进行自然资源项目开发。由于自然资源的地理分布不均衡，其数量、质量、开发条件和探知程度都因地而异。为了科学地、充分地、合理地开发利用各种自然资源，不仅需要对资源本身的数量和质量作出度量，还需要对与资源开发有关的各个方面，如资源分布、开发条件、经济价值、环境影响等方面作出相应评价。此外，自然资源开发，还含有保护、抚育、管理等内容。

自然资源评价与自然资源可得性的度量既有联系，又有区别。其联系很明显，即两者都要作数量评估。但区别也是明显的，可从以下几方面看：

① 看问题的角度不同。自然资源可得性的度量主要从资源本身的数量特征看，自然资源评价则从开发利用角度看。

② 内容不同。自然资源可得性的度量只是高度概括地表达了资源可得性的几个概念，自然资源评价则是具体地评价每一类资源的数量、质量、分布、开发条件、经济价值等，甚至于环境影响。

③ 目的不同，自然资源可得性的度量试图对人类可利用的资源总量有一个大体的认识，用于宏观分析；自然资源评价则要研究开发利用各类自然资源在经济上、技术上的可能性和合理性，用于微观分析，以便为项目开发可行性论证和规划、管理提供基础。

这一章概括地介绍自然资源开发的一些主要评价指标，以作学习项目评价方法和具体项目评价的引导。

第一节　矿产资源评价

研究矿产资源的评价，一般选用地质评价（又称自然特性评价）和经济评价两类指标体系。地质评价是应用地质技术的方法，从地质矿藏本身的形成、分布规律与工业技术的要求出发，研究与矿物原料资源远景与开发有关的各种自然技术、经济要素，以便确定勘探方向和判断其是否具有工业价值，着重提出开发利用可能性的依据，是整个评价工作的基础。而经济评价则是在地质评价的基础上，从国民经济发展需要和市场供需平衡、当前技术水平与矿藏开发利用的影响，论证其工业意义与开发利用的经济效果，用定量的指标来论证开发利用的合理性和经济效果的大小。地质评价与经济评价是密切配合，而且常常是共同进行的。此外，还必须进行矿产开发的环境影响评价和社会影响评价。

一、矿产资源的地质评价

1. 矿床类型

矿床(或称矿藏)是在地质作用下形成于地壳中，并在现有技术和经济条件下能够被开采利用的有用矿物聚集体。矿床类型分矿床成因类型和矿床工业类型，前者是根据矿床形成的地质环境而划分的成矿类型，如各种内生矿床、外生矿床、变质矿床等；后者指那些作为某种矿产主要来源，而且在世界(或一国)经济中起主要作用的矿床成因类型。

矿床类型的划分，不仅总结了各类矿床的储量、质量和开采条件的特征，而且也在很大程度上反映了各类矿床开发利用的可能性和工业价值的大小。不同的矿床类型，影响着采矿、选矿和冶金工业的工艺方法和工艺流程。同类矿床内部也有差异。在大类型中可能有小矿床，在小类型中也可能有大矿床。在同一类矿床类型中，由于矿床规模、形态、产状、空间分布和物质成分的不同，它们对于采矿、选矿和冶金工业的冶炼方法的工艺流程也有着不同程度的影响。

(1) 金属矿床类型

矿床类型尤其对金属矿产资源的评价是一个重要指标。以铁矿为例加以说明(表14-1)。这里列出了具有较大工业价值的矿床成因类型，即铁矿床工业类型。铁矿成因类型中还有一部分没有太大工业价值的，就不算工业类型。矿床工业类型和非工业类型之间的具体界线，有人认为只有铁矿石产量占世界铁矿石产量1%以上的那些矿床类型，才

表 14-1　铁矿床工业类型及其主要特征

铁矿类型		主要矿石	品位(%)	储量比(%)	对开发利用的影响		
					采矿	选矿	冶炼
岩浆型	钛磁铁矿	钒钛磁铁矿 钛铁矿	14—34	7.6	地下开采	需采用特殊工艺流程	需采用特殊工艺流程。可炼特殊钢，伴生有益元素，可综合利用
	含磷灰石磁铁矿		>60			品位较富，一般不需选矿	因矿石含磷量较高，需在托马氏炉中冶炼
接触交代型(矽卡岩型)		磁铁矿，赤铁矿	20—70	2.4	地下开采	品位较富，一般不需选矿	因矿石含硫量较高，需在碱性平炉中冶炼
热液型		磁铁矿，赤铁矿		0.5	地下开采	品位较富，一般不需选矿	因矿石含硫量较高，需在碱性平炉中冶炼
风化壳型(残余型)		褐铁矿、其他铁的氢氧化物		3.2	露天开采		
沉积型	陆相	赤铁矿，含水赤铁矿，土状褐铁矿等	20—50	19.4		需选矿	
	海相	鲕状赤铁矿，肾状赤铁矿，鲕状褐铁矿，菱铁矿			一般地下开采，偶可露天开采	需选矿	
变质型		磁铁矿、赤铁矿、假象磁铁矿	一般品位14—40，可达60以上	60	一般地下开采，偶可露天开采，多大型矿	需选矿	
未分				6.9			

算作矿床工业类型。铁矿石产量占0.3%—0.8%的矿床类型,可以认为是各自国家的类型。不同的铁矿工业类型,有着显著不同的工业利用价值。它们的基本特征影响着铁矿石的采、选、冶等各个方面。因此,通过铁矿床工业类型的划分,可以对某一地区的矿产远景做出估价,并作为矿山开发计划的依据之一。

(2) 非金属矿床类型

非金属矿物原料由于矿种多、分布普遍、用途广泛,而且大部分是作为矿物整体来加工使用的,不同矿种、不同用途对矿床规模、矿石质量和开采条件要求不同,区别比较严格,因而矿床类型降到相对次要地位。只有用作化工原料的非金属矿物原料资源,因为和金属矿物一样,也是从中提取某一种元素,矿床类型的作用和影响相对突出一些。以磷矿为例,其矿床工业类型及各种特征如下:

① 磷块岩矿床:成因为外生沉积岩磷矿床,依据其成矿特点,又可以分为以下类型:

a. 地槽型磷块岩矿床。储量大,工业价值高,占世界磷矿储量的64%。矿石中磷的含量比较高而且均匀,含 P_2O_5 一般达28%—36%,SiO_2 为5%—12%,同时含钒、铀和其他稀土元素。矿石质量较高,一般无须选矿即可加工利用。

b. 地台型磷块岩矿床。在一般地台区的磷块岩矿床,矿石含 P_2O_5 为12%—28%,虽较地槽型低,但分布广、构造简单,易于开采,也有较大工业价值。在活动性较大地台区,磷块岩矿床则有很大差异,矿床储量、矿石质量、选矿难易程度、工业利用价值皆因地而异。

c. 风化型磷块岩矿床。残积型 P_2O_3 含量变化较大,为5%到35%;淋积型含量较高,达25%—30%。

d. 变质型磷块岩矿床。矿石品位较低,一般为百分之十几,且变化大;但较易选矿,可制作优质磷肥。

② 磷灰石矿床。为内生火成岩磷矿床,依据其成矿特点,又可分为:

a. 霞石正长岩中的磷灰石矿床。矿石呈斑状与条带状构造。斑状矿石含 P_2O_5 为22%—35%,条带状矿石含 P_2O_5 为19%—26%。这类矿床规模巨大,储量丰富,是世界磷灰石矿床中规模最大的类型。矿石经选矿后,磷灰石、霞石、钛以及其他稀有金属都可以综合利用,因而有很大的工业意义。

b. 正长岩中的磁铁矿-磷灰石矿床。矿石中含磷灰石8%—12%,与其共生的有磁铁矿、钛铁矿等,可综合利用。

c. 透辉石岩中的磷灰石矿床。矿石中磷灰含量变化很大,可由10%到40%。矿床储量规模较小,适合中小企业开发利用。

③ 鸟粪磷矿床。鸟粪堆积而成。

a. 可溶性鸟粪磷矿床。干燥气候条件下形成,含大量磷酸盐和硝酸钾,为良好的氮磷钾复合肥料。

b. 淋滤鸟粪磷矿床。湿热气候条件下形成,小块易溶硝酸盐。

2. 矿石储量

矿石储量是经过地质勘探手段查明埋藏地下的资源数量。由于勘探程度的不同,矿

石储量一般分为以下几种(表 14-2)。

表 14-2 矿石储量分类、分级

分类	分级	用途	储量	矿体产状和构造	矿石质量和加工技术	开采条件
开采储量	A_1	可作为编制矿山开采计划的依据	已详细圈定	已查明	已充分研究	已详细查明
设计储量	A_2	可作为矿山企业设计和投资的依据	已相应圈定	大致查明	已详细研究	已查明
	B		已相应圈定	基本查明	已试验和研究	基本查明
	C_1		同上,或由 B 级推算	基本查明	有概括了解	已初步了解
远景储量	C_2	可作为编制地质勘探设计的依据	由 C_1 级推算			
地质储量	根据区域地质测量、矿床分布规律或根据地质构造单元,结合已知矿产地的成矿条件所预测的储量,它只能作为地质普查找矿之用					

矿石储量的大小,特别是设计储量和远景储量的大小,决定着未来企业可能的生产规模、投资额、生产装备、工艺流程和生产年限,以及未来扩大矿山生产规模、延长服务年限的可能性。是制定开采规划、生产计划和企业设计的重要依据。因此,了解各种矿产资源的储量以及储量的分级情况,对于评价各种矿产资源的开发利用价值有着重要意义。

下面举例说明几种矿物原料资源的矿石储量评价。

① 铁矿:铁矿储量直接影响着矿床的可能开发规模和利用方向。铁矿储量越大,可能开采的规模也越大,服务年限也越长。例如,一个储量 2 亿 t 以上的大型铁矿,其年开采规模可达每年 400—500 万 t 以上,那么就有条件作为年产 100 万 t 钢以上的大型钢铁企业的矿石基地。

钢铁企业布局中一个重要因素是考虑是否接近铁矿产地,因而铁矿的储量对钢铁企业布局就有较大的影响。在一个大型铁矿附近有可能布置一个大型钢铁企业;在几个交通联系较为方便的中型铁矿之间,也有可能建立一个规模较大的钢铁企业;在一个大型铁矿和大型煤矿附近,通过两者的所谓钟摆式联系,也可各建一个大型钢铁企业。

因此,对铁矿产地进行评价时,一定要弄清其储量情况(包括数量大小及分布情况),并且要区分已探明的储量和远景储量,对已探明的储量还要区别其等级构成。一般而言,铁矿床的开采,要求各级储量尽可能符合如下要求(表 14-3)。

表 14-3 铁矿床开采的储量要求

矿床性质	占 A_2,B,C 级储量总和的百分比(%)		
	(A_2+B)级不少于	其中 A_2 级	C_1
矿化均匀,形状简单的大矿床	35	10	65
复杂的、扁豆状的和不规则的矿体,金属分布不均匀	30		70

② 铜矿:铜矿石是最典型的有色金属矿物原料,而有色金属矿物原料总的储量规模不大,品位较低,对矿床储量规模的要求就有别于黑色金属矿物原料。对于铜、铅、锌等,

凡金属含量达 50 万 t 以上者，即为大型矿床；若金属含量小于 1 万 t 者，为小型矿床。即使小型矿床，只要其他条件有利，也值得重视和开发。

因此，铜矿矿山企业建设对储量的要求，主要依靠$(B+C_1)$级储量作为依据。在某些情况下，C_2 级储量也可配合作为设计依据。矿石储量决定开采规模和服务年限，从而决定企业规模(表 14-4)。

表 14-4　铜矿山企业规模与开采规模和服务年限的关系

企业规模	开采规模	服务年限
大型	大于 5 000t/d	15—20 年以上
中型	1 000—5 000t/d	10—15 年
小型	250—1 000t/d	5—10 年

③ 贵金属：贵金属矿物原料，由于矿石储量特别少，所以对储量的要求也比较低。一般矿石储量在 1t 左右为小型矿床，1—10t 为中型矿床，大于 10t 者为大型矿床。

④ 煤田的储量规模是评价煤炭资源的首要指标，它决定着采煤企业的生产规模、投资额、生产过程的机械设备、自动化程度和生产年限以及今后扩大矿山生产规模、延长服务年限的可能性。由于采煤技术的提高，煤矿的井型设计也在不断扩大，因而对煤田储量的要求更高。煤田井型设计对于所需各级设计储量的比例，随矿床条件不同而有不同要求，如表 14-5。

表 14-5　煤田开采的储量要求

矿床条件	大型		中型		小型	
	A_2+B	C_1	A_2+B	C_1	A_2+B	C_1
地质条件简单、煤层稳定、开采条件好	60%	40%	50%	50%	30%	70%
地质条件比较简单、煤层比较稳定、开采条件较好	50%	50%	40%	60%	15%	85%
地质条件复杂、煤层不稳定、开采条件困难	40%	60%	30%	70%	0%	100%

⑤ 油田储量直接影响着油田的开发规模和开采量，采油企业的服务年限和最大年产量与储量、规模的关系，如表 14-6 所示。

表 14-6　油田开采的储量要求

规模类型	工业储量(亿 t)	采油企业服务年限(年)	年产量(万 t)
特大型	>2	>50	>400
大型	0.5—2	30—50	100—400
中型	0.1—0.5	10—30	30—100
小型	<0.1	<10	<30

3. 矿石质量

(1) 金属矿石的质量

显然,矿床的工业价值不仅取决于矿石储量的多少,而且取决于矿石质量的好坏。影响矿石质量的因素主要有以下几个:

① 矿石的自然类型:不同的矿石自然类型有不同的加工工艺技术和不同的工业用途,所以是矿石质量的要素之一。如铁矿有磁铁矿、硫铁矿等不同自然类型;一般有工业价值的黑色金属矿石主要是氧化物,有工业价值的有色金属矿物主要是硫化物。

② 矿石品位:这是决定矿石质量的最重要指标。在其他条件相同的情况下,矿石品位的高低,直接影响着生产成本。如黑色金属矿石的品位相差1倍,其选矿所投入的劳动和吨矿成本就会相差5倍以上;有色金属矿石的品位相差更大,其选矿所投入的劳动和吨矿成本相差更悬殊,一般高达10—20倍以上。

③ 矿石的加工技术特征和综合利用价值:主要指影响矿石加工利用的一系列因素。如对要提取其中某种有用组分的矿床来说,一般指矿石中主要有用组分的品位及其存在形式,矿石加工过程的复杂性和成本等;对一般作为整体使用的非金属矿物原料来说,主要指它们的物理机械性质、加工难易等。

矿石往往含有多种成分和多种元素,可以提取副产品,各种矿石类型都有着不同的综合利用价值。

(2) 铁矿的矿石质量评价实例

① 矿石的自然类型:自然界已知的含铁矿物有300多种,但有工业利用价值的只有磁铁矿(Fe_3O_4)、赤铁矿(Fe_2O_3)、褐铁矿($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$)、菱铁矿(FeO_3)和含钛磁铁矿($FeTiO_3$)5种。硫铁矿不能作为铁的工业矿物。磁铁矿易选矿但冶炼时不易还原;赤铁矿不易选矿但冶炼时易还原;菱铁矿、褐铁矿品位低,易还原,对入炉矿石品位要求也低;含钛磁铁矿冶炼需要特殊工艺技术,但可综合利用。

② 矿石品位:品位高的富矿可以不经过选矿直接入炉冶炼;贫矿则需经过选矿、烧结后才能使用,因而增加了生产成本和投资。对不同种类铁矿石的品位要求也不同,一般磁铁矿、赤铁矿要求稍高,而对褐铁矿和菱铁矿要求稍低。铁矿石的最低工业品位为25%—30%。含铁45%以上的磁铁矿、赤铁矿的均可看作富矿,而含铁30%—35%的菱铁矿即可作为富矿。

③ 矿石的加工技术特征和综合利用价值:主要考虑铁矿石的成分。铁矿石中含有有害、有益、无益、无害组分。有害组分主要有硫、磷、砷,它们会影响钢铁的坚韧性;其次有铅、锌、氟,它们会腐蚀炉壁,硅会使炉渣粘着。因而工业对铁矿石中的有害杂质有严格要求:硫小于0.3%,磷<0.3%(用于酸性转炉),磷<1.2%(用于基性转炉,其渣可直接用作磷肥),砷<0.07%。铅、锌、锡有害但也可以综合利用。铁矿石中的有益组分主要有锰、钒、钛、镍、钴、铬、钨、钼等,多为合金钢所需成分,可以综合利用。铁矿中还杂有无益杂质如Al_2O_3、SiO_2、LaO、MgO等,冶炼时虽无严格要求,但这些成分过多时,技术要求就高了。

此外,铁矿石的结构及机械性能也直接影响着矿石的选矿性能。如块状构造的富矿石可不进行选矿,在具有浸染状构造的铁矿石,则先要进行机械选矿,而选矿过程中对其机械性能和水分也有一定要求。

(3) 某些非金属矿的矿石质量评价

矿石质量对某些非金属矿物原料的地质评价有着更大的作用和影响。例如金钢石、

石棉、石墨、压电石英、硅藻土等，其矿石质量是影响其工业利用价值的首要因素，在矿石质量符合工业要求的前提下，再考虑矿床的储量规模和开采条件。影响此类矿物原料矿石质量的指标，主要有：

① 矿石中有用矿物的物理技术特性：如金钢石，主要是利用其硬度，因而其结晶程度、硬度和脆性，就成为决定其质量的主要因素。工业用金钢石(占金钢石总年产量的75%—85%)，根据其质量、结构和硬度分圆粒金钢石、红钻石和黑金钢石三种，红钻石硬度大、韧性强，但较少见。黑金钢石硬度较低。而装饰用金钢石，则晶体越大价值越高。

② 矿石中有用矿物的含量：如金钢石含量要达 $4mg/m^3$，云母 $5—10kg/m^3$，石棉 $5—30kg/m^3$，压电石英 $15g/m^3$，才具有工业价值。

(4) 煤的品种和质量

品种决定化石燃料的成分和结构，从而有不同的发热能力，直接影响着各种化石燃料资源的开发利用方向，以及有可能取得的经济效益。例如煤炭资源，有泥煤、褐煤、烟煤和无烟煤之分，烟煤中又有长焰煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤和贫煤之分。不同煤种的煤化程度、含煤量不同，因而有不同的用途。对煤质影响较大的因素有以下煤的理化性质：

① 水分含量：水在煤炭中会降低煤的发热量，增加煤炭运输中的无谓消耗。水分在褐煤中含量可高达50%，在块煤中也达1%—7.5%。

② 灰分含量：灰分不仅无用，而且在生产和运输中会增加工作量，降低煤的发热量，在炼焦过程中会全部进入焦炭，从而降低焦炭的机械强度和炼铁炉的生产能力，增加熔剂的消耗量。煤中灰分含量少的为2%—3%，多的可达30%—40%。

③ 硫分和磷分含量：硫、磷皆为煤炭中的有害成分。硫对煤的自燃起促进作用，含硫煤在燃烧时生成二氧化硫，不仅腐蚀设备，影响焦炭质量，而且为大气污染源，造成酸性沉降。炼焦中如果含有磷的成分，就要增加溶剂和焦炭的消耗量，降低生铁生产量，还会使生铁变脆，影响其质量。一般规定冶金用煤中硫分不多于2%，磷分限为0.01%—0.1%。

④ 挥发分含量：挥发分是煤炭在高温和隔绝空气的条件下分解而逸出的物质，它随煤的炭化程度的增高而减少，含挥发分高的煤炭化程度低，煤质也差。含中等挥发分的煤多属烟煤，用途最大；而含挥发分最少的无烟煤，则主要作动力用。

⑤ 发热量：发热量越高，煤的利用价值越大。各种煤的发热量与煤的炭化程度成正相关，最高为烟煤和无烟煤。

⑥ 粘结性：指煤在炼焦时所产生的粘结残渣的能力，通常用胶质层厚度来表示，还是烟煤分类的重要指标。这个特性对炼焦工业中意义较大。

此外，煤的硬度和块度，也影响煤炭的工业利用价值。

(5) 原油质量的评价指标

① 比重：这是衡量原油质量的一个主要指标。石油比重一般在0.75—1.0之间，比重小的轻质石油加工后能得到较多的汽油、润滑油等，价值较大；反之，比重大的重质石油，质量较差。

② 粘度、含蜡量、凝固点：影响石油的开采、运输、管路建设和加工方式。粘度越大越不易流动，影响开采时和管线运输中的流动速度。含蜡量影响凝固点从而影响输油管线建设。原油按含蜡性质可分为少蜡原油(凝固点 $< -15℃$)、含蜡原油(凝固点 $-15—20℃$)和多蜡原油(凝固点 $>20℃$)三种，前二者用管路输油较方便，所需投资也较少，后者

则较困难，所需投资也大得多。原油含蜡量还影响石油冶炼的加工方案。

③ 含硫情况：原油含有硫化物，能腐蚀设备、管线、储油罐，降低抗爆剂的效率，增加裂化汽油的出胶倾向。所以低硫原油（含硫量<0.5%）的经济价值要高于多硫原油（含硫量>0.5%）。

4. 矿床开采条件

矿床开采条件主要指矿体产状、形态及大小、矿层厚度、埋藏深度、矿石顶底板围岩的机械强度和稳定性，以及矿区的水文地质、地貌、气候条件等。这些条件对矿山的基建投资、生产成本、生产规模和劳动生产率等产生巨大影响，是选择矿山开采方式的重要技术因素之一。其中尤其是埋藏深度，不仅决定着开采方式（地下开采或露天开采），还影响着剥离系数的大小，而剥离系数则是影响露天开采时技术复杂程度和成本高低的主要因素。

矿区的地形结合矿体产状、形态及分布情况，影响开采方式的选择和未来矿山企业的工业场地、废石场地，以及有关厂房等永久性建筑物的布置。

矿石和围岩成分的稳定性、硬度及其他物理机械性质决定着崩落和加固的方法。对于确定开采时的支护方式和支柱密度、爆破效率和炸药消耗量，以及露天开采场的边坡角、或地下开采时的回采方法。

矿床水文地质条件的复杂程度，如矿体及围岩的含水性、喀斯特发育情况、地下水位、地下水与地表水的联系情况，以及地表水系的洪水情况等，在很大程度上决定井筒和坑道的布置、排水方法、排水设备的动力、开采成本的高低等，因为在一般情况下，只能够开采地下水面以上的矿石。

化石燃料的开采条件主要包括矿体的形态、产状和含矿率、矿层厚度、埋藏深度、顶底板围岩的机械强度和稳定性、矿区水文地质条件、矿区地貌、气候条件等，其作用与意义、对开采的影响等皆与矿物原料资源的开采条件大同小异，尤其是煤。

影响石油和天然气资源开发的自然因素（开采条件），主要是油、气的地质构造类型、埋藏深度、埋藏岩层的性质、孔隙度和渗透率等。一般而言，平铺分散储油、气层，即使藏量丰富，但油、气资源不聚集，难于开采。相反，各种褶皱构造一般都有较好的储油、气条件，有利于勘探和开发。因此，不同油田类型又有不同的最大井距。油、气埋藏深度越浅，建井投资越省；但若小于 500m，由于油、气产量与压力有关，也会影响开采价值。岩层性质、孔隙度和渗透率影响可钻性，油、气储量和油、气是否易于流入井内而开采出来。

5. 矿区条件

主要指矿床的经济地理位置和该矿在国民经济中的地位，特别是矿区的交通运输条件方便与否，对于那些大型的、开采量大的矿床有重大意义。其他经济条件，如人口和劳动力的情况，动力燃料来源，工业用水、生活用水的水源和给排水情况，辅助原料、建筑材料、木材等的来源和供应情况，以及粮食、副食品的供应情况，都在各方面影响着矿产资源的开发利用。

对于化石燃料资源的开发来说，最重要的是矿区所处地理位置、交通、供水等。例如新疆煤田储量大、煤质好，开采条件也不错，但由于位置偏僻，距主要消费区太远，故近期不能作为重点开发地区。而两淮煤田，虽然储量不大，但由于距离主要消费区近，有方便

的交通运输条件，易于取得各大经济中心的人力、经济、技术支援，因而成为华东地区重点建设的主要煤田。新疆、青海一些大型油、气田，由于人口稀少，远离生产、生活资料供应地，水源不足等原因，迟迟不能大规模开发。目前我国东部油气田已捉襟见肘，开发前沿不得不向西北转移，其勘探、开采、运输等费用会大大高于东部。

二、矿产资源的经济评价原理

在对矿物原料资源进行地质评价的基础上，还应当进一步结合矿区的具体情况进行经济评价，从数量上来了解各矿床可能提供的产量和价值，以便更全面地评价各种矿产资源开发利用的经济效果。矿物原料资源的经济评价，一般选用以下几个指标：

1. 年生产力（年开采能力）与开采年限

一般用年产量来表示，它取决于矿床规模（Q）和企业年限 T，设最大年生产力为 A，则有：

$$A = \frac{Q}{T} \text{ 或 } \frac{QK_n}{TK_p}$$ （K_n 为选矿时矿石回收系数，K_p 为开采时矿石贫化系数）

通过上式确定 A 时，还要考虑到采矿技术条件的可能性和国民经济发展的需要。

年生产力是矿物原料资源经济评价首先应注意的指标。因为年产量的不同，不仅对矿床在相应部门中的作用、采矿设备、运输手段等会产生重大影响，而且对投资数量、企业生产年限、开采利用水平、产品成本和开采经济效果等也有决定性的影响。

2. 投资

投资量的多少是评价矿床开发利用价值的重要因素。具有相同生产规模的矿山企业，投资量越大，矿床开发利用的经济效益越小。

投资一般可分为工业用途投资（生产投资）和居住生活投资两大类。前者包括矿山基建、矿山设备、运输、动力、房屋建筑（矿井、选矿厂、冶炼厂、矿仓）等。其中矿山基建投资所占比例较大（地下采矿占 40%—60%，露采占 15%—25%），其次有选矿厂（15%—25%），能源动力（20%—30%）。

投资评价不仅要看总投资多少，而且要看投资比例的高低：

投资比例＝总投资：年生产力

投资比例是动态，一般规律是，随着矿山企业年生产力的增加，投资比例就有所降低，从而使开发利用的经济效果更加显著。

3. 运营成本

矿产品成本取决于多种因素，如采矿方法和系统、年生产力、总投资和投资比例等（现在正考虑把资源价值算进成本和价格中去）。各种因素相互关联。在已开发矿山的具体核算时，成本的内容包括工资、材料、电能、地质勘探费用偿还率、固定资产折旧费用、环境污染补偿费、拆迁费、土地使用费、矿产资源税等。

对规划矿山,产品成本的确定,一般采用经验公式来估算。例如,总成本 C 可以是矿床地质储量(z_0)、矿床厚度(m)、矿体与覆盖层厚的比值(s)、品位(a_0)的函数:

$$C = f(z_0, m, s, a_0)$$

利用此类经验公式,可确定一定成本限度内的各要素标准。例如在原厚度和储量已定情况下,可以确定可采矿床最低品位;同样,若已知品位和厚度,可确定其成为可采矿床所必须拥有的最低储量。在此基础上作对比分析,其中最终产品成本最低的矿床,应当优先开发利用。

4. 价值

指矿产品的市场价格和(计划经济体制下的)国家调拨或回收价格。显然,这对资源开发的经济效果具有决定性影响。一般根据金属价格或精矿价格来计算。

5. 利润

矿藏开发的利润是矿产总价值扣除成本的剩余部分。此数为正数,则说明开采可以获利,数值越大,获利越高,矿床的工业利用价值就越大。反之则要亏损,但也并非所有要亏损的矿床都没有开发利用价值。在实际工作中,计算矿床开发利润一般采用 B. N. 库索奇金所提出的计算公式。对于金属矿床,有

$$A = g \cdot C \cdot Q - (P_1 + P_2 + P_3)$$

其中,A 为每吨矿石可获利润;g 为矿石中某金属的平均品位;C 为某种金属的回收率;Q 为某种金属或精矿的价格;P_1 为每吨矿石的开采成本;P_2 为每吨矿石的选矿成本;P_3 为每吨矿石的其他成本。

将 A 值乘以矿床储量,即可得出开发全矿床可能取得的总利润。

非金属矿床开发利润的计算与此有所不同,但原理一样,此处从略。

三、环境影响评价原理

传统的资源开发项目并不要求作环境影响评价。随着环境问题日益尖锐,1969 年美国国会通过了国家环境政策法(NEPA,National Environmental Policy Act),规定各种资源开发项目的论证必须有"环境影响报告"(EIS, Environmental Impact Statement),这就把环境影响评价引入资源开发评价中。此后,所有发达国家和一些发展中国家陆续确立环境影响评价制度,我国也规定所有的开发项目必须作环境影响评价。

环境影响评价可有狭义和广义两种理解,前者只评价自然环境影响,后者则还要评价对经济环境和社会环境的影响,广义理解的环境影响评价实际上是要评价项目导致的所有未纳入市场体系的影响后果,包括有益的方面,如增加就业机会、改善地区经济结构和带动地区经济发展、改善交通条件、增加资源供给、改善气候水文条件等;也包括有害的方面,如收益分配不均、导致劳动力价格或生活费用上涨、自然环境的污染或破坏、危害人类的生态系统的健康等。这些影响绝大多数是不能用市场价格来衡量的,有时甚至是无形

的、不可度量、不可测定的。

环境影响评价的内容和方法现在已发展得非常复杂，这里只能对主要内容作一个概括的介绍。

1．环境影响的识别

如果拟定的资源开发计划(包括采用的技术)付诸实施，将对哪些环境要素产生影响？影响的重要性如何？要提供一个清单。清单的内容视项目的不同而不同，例如可以包括以下方面：

①人类健康：发病率、死亡率。

②生态系统：植被的增减，生物生产量、物种的变化，生态系统稳定性，动物迁移(尤其是鱼类洄游)。

③环境的美学和娱乐价值：风景、垂钓、体育。

④环境污染：大气、水体、土地、噪声。

⑤资源变化：土地占用、资源的耗损、对其他资源的影响。

⑥自然要素：气温、湿度、径流、水位、温室气体、地貌。

⑦文物古迹：历史遗址、风景名胜。

⑧对周围地区或上、下游地区的影响：如水土流失、沉积物、水量、酸雨。

环境影响的识别必须以对各要素之间相互关系的认识为基础，其中的因果关系有一些已被认识，但还有许多没有被认识。此外，影响及其重要性的判断不免会有一定主观性，因而会有争论。

2．环境影响的估算

对上述影响效益或危害要加以估算。有些影响可以换算成货币单位，如砍掉了多少树木、淹没了多少房屋和财产，直接可以算出价格；如不能以货币价值计量，则可以用非货币型实物指标；若两种方法都不行，可以定性地确定影响的级别。显然，这里也涉及各种人的不同价值问题。

例如，在缺乏市场价格的情况下，有时可以用推理的间接估计的方法作合乎逻辑的估算。某些情形可以估算为补偿受害者必须支付的费用，如医疗费、产量损失费、修理费、收入损失费等。另一些情形则可以估算为了恢复原来的环境质量水平需付出的费用，如水处理费、除尘设备费等。所有这些补偿性支出可以看作项目环境成本。同时，对项目的环境效益，也可类似地估算，例如估算能够征收多少税款和收费以抵销这些意外的环境收获，或者估算要投入多少资金才能获得这些效益。

还有一种方法是通过财产价值的变动来估算项目的环境影响。例如，噪音大的项目(如机场)会使附近房地产贬值，改善交通的项目会使房地产增值。可以用房地产租金或售价的变化来间接估算环境影响的费用或效益。

已建立的国家(或国际)环境质量标准也可以用来估算项目的环境影响。例如空气和水质污染可以按照有害物种含量的标准来作为一种实物性指标：零点水平、临界水平、可承受水平。对难以确定实物量的影响，可以通过问卷调查或专家打分(特尔非法)来分级。

3. 环境影响的比较

对不同开发方案,或同一方案的不同技术、不同设计都作环境影响评价。然后估算上述各种影响的总和。比较不同方案的环境影响总分,寻找环境影响最小的项目。对于总分无可比性的不同方案,通常采取两种方法,一种是通过实地调查或问卷调查了解人们对项目的支持程度;另一种是投票决定取舍。

应该指出,综合考虑资源开发项目评价所涉及的以上各个方面,就构成了成本-收益分析的主要内容。我们必须联系第十五章中关于成本-收益分析的基本原理、作用和问题来理解资源评价。

第二节　可更新资源评价

可更新资源的评价也需要进行自然特性的评价、经济评价和环境影响评价。后两者的基本原理与矿产资源项目评价类同,这里不论,下面只介绍主要可更新资源的自然特性评价。

一、土地资源评价

土地资源的自然特性评价,是针对一定的利用目的评价土地的生产潜力或适宜性,分别称为土地潜力评价(land capacity)和土地适宜性评价(land suitability)。

土地潜力指土地利用的潜在能力;土地潜力评价主要依据土地的自然性质及其对土地利用的影响,就土地的潜在能力作出等级划分。迄今的土地潜力评价大都针对大农业利用目的。最早的土地潜力评价系统是美国农业部土壤保持局在本世纪 30 年代建立的,当时的目的主要是为控制土壤侵蚀服务,60 年代后加以改进,用于评价土地对于大农业利用的潜力(图 14-1)。

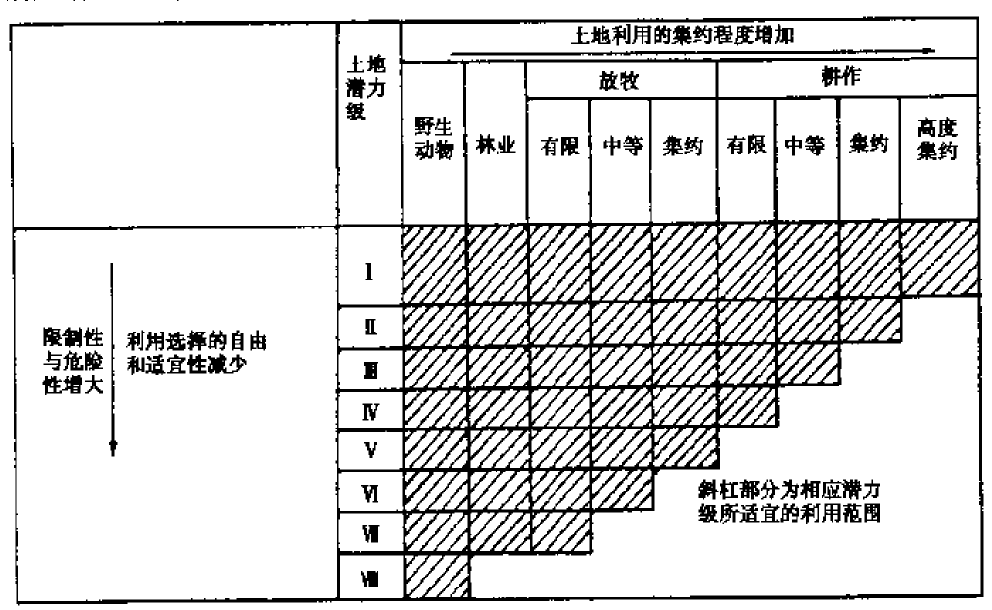


图 14-1　美国农业部的土地潜力评价

土地适宜性评价则针对一定的土地利用方式。土地利用方式的分类有不同层次,高层类型如农业、林业、牧业、工业、交通、国防、城市、旅游等用地,低层类型如小麦、杉木、茶叶、居住、机场等用地。土地适宜性评价就是判断土地对这些不同利用方式是否适宜以及适宜程度如何,从而作出等级评定。例如联合国粮农组织于 1976 年颁布的《土地评价纲要》,将土地对一定利用方式的适宜性分为适宜、有条件适宜和不适宜三个等级,适宜等又进一步分为非常适宜、中等适宜、临界适宜三个亚等,不适宜等再分为当前不适宜、永久不适宜两个亚等。

无论是土地潜力还是土地适宜性,都取决于土地组成要素的性质和土地的区位条件。因此,土地资源自然特性的评价其实是评价土地的组成要素(如地形、土壤、气候、水分状况等)和区位。

1. 地形

与土地资源评价有关的地形性质,主要是海拔高度、坡度、坡长和坡位、坡向等(表 14-7)。

表 14-7 地形性质对土地质量的影响

地形性质	对土地质量的影响
海拔高度	温度、生长季、降水量、日照、风等气候因素,通达性
坡度和坡长	耕作难易程度,通达性,水土流失,工程地质条件,可灌溉性
地貌部位(包括坡向)	日照、温度、暴露程度、霜冻等气候因素,耕作难易程度,水蚀和风蚀危害程度,盐渍度或养分有效性,排水,工程地质条件

表 14-8 不同土地利用的临界坡度

临界坡度(%)	土 地 利 用
1	国际机场跑道
2	地方机场跑道,铁路干线,满载卡车无速度限制,耕作无限制,需考虑排水问题
4	主干公路
5	使用除草和播种机械,出现土壤侵蚀,工程建筑开始发生困难,可作居住和道路开发,野营或野餐
9	铁路的最大坡度界限
10	使用重型农业或工程机械,工业用地
15	局部开发,轮式拖拉机
20	双向翻耕,联合收割机操作,房基构筑
25	等高耕作,载重拖车,步行游览

海拔高度主要影响土地的水热条件。从理论上说,海拔每升高 100m,气温降低 0.6℃。降水量则随海拔增高而增加,但从一定高度再往上,降水又趋减少。海拔高度不同,土壤、植被、作物的生长季长短等也有明显差异,从而影响到土地的适宜性和生产潜力。

相对高度表示地形受切割的程度。切割程度不但反映土地形成条件上的差异,而且也与土壤侵蚀强度等有关。

坡度和坡长主要与土壤侵蚀强度有关。就坡度而言,例如在我国黄土高原地区,2°以

上的坡耕地距离分水线以下10 m处就发生细沟侵蚀；5°以上者，细沟侵蚀较强，并开始发生浅沟侵蚀；15°以上，细沟、浅沟侵蚀强烈；25°以上，细沟、浅沟侵蚀极强，并有切沟出现；35°以上，耕地土壤发生泻溜；45°－75°陡坡可能发生滑坡；75°以上的陡崖和岸壁还可发生崩塌。此外，坡度还与耕作条件、灌溉条件、工程建筑条件等有密切关系（表14-8）。

2. 气象气候

土地评价所涉及的气象气候性质，主要是辐射、温度、降水、蒸发、风速及雹、雪等（表14-9）。

表14-9 气象气候因素对土地质量的影响

气象气候因素	对土地质量的影响
温度	霜冻危害，生长季，水分有效性，蒸发蒸腾
降水	水蚀危害，暴露程度，洪涝灾害，水分有效性
净辐射	蒸发蒸腾
雹或雪	气象灾害
蒸发	蒸发蒸腾

气温状况可用几种方法表示，例如生长季内的平均温度、最高温度和最低温度，无霜期，或者以超过一定界限温度（如5.6℃）的日数所表示的生长季长短。也可以用积温（超过某一界限温度的日数与温度的乘积）表示。这些不同温度指标，在土地评价中可选择使用。

降水量主要指年和月的平均降水量。如果是为一年生作物进行土地评价，该作物生长期间的平均降水量则更为重要。此外，还包括降水强度和降水年际变率等。在土壤侵蚀较强烈的地区，降水强度的影响更为突出，因此在土地评价中最好考虑到这个指标。

风速大小对蒸发蒸腾有一定影响，尤其在那些"曝露"的坡地顶部，影响更为突出。同时，如果风速超过一定限度，对农作物、树木等会造成直接危害。例如在我国海南岛，台风的风速及发生频率对橡胶树等热作的栽培有很大影响，在那里进行为发展热作的土地评价中，风速是一个不可忽视的指标。风向则对城市建设用地评价有特别重要的意义。

冰雹、霜冻和积雪（过量）等属气候灾害，对土地利用也有重要影响。在土地评价中，应尽量调查它们的发生频率和强度。可从气象台站收集有关资料，也可实地调查访问，如植株的损害程度和减产情况等。

3. 水分状况

地下水埋深、有无泉水出露以及洪涝频率等水文因素影响土地的潮湿状况，从而影响到土地的质量（表14-10）。

表14-10 水文因素对土地质量的影响

水文因素	对土地质量的影响
地下水埋深	水分有效性，排水和通透性，工程地质条件
有无泉水	耕作难易程度，工程地质条件
洪涝频率	洪涝危害程度，工程条件

土地潮湿状况还受降水量和蒸发量的影响。在降水量多且较均匀以及地势较平坦的地区,土地评价必须考虑排水状况,排水状况愈差,潮湿度愈大。此类地区不同排水状况的等级及其对土地质量的影响可分以下情况:

(1) 排水过度。土壤质地粗,有效水容量小,仅在大雨期间或以后才出现水分饱和。过量水分很快流失。地下水位明显低于土体。

(2) 排水良好。90cm 内的任何土层很少出现水分饱和。

(3) 排水中等良好。大雨之后,上部 90cm 内的土层内部水分饱和,50cm 内的土层水分饱和时间较短。

(4) 排水不良。50cm 以上有部分土壤的水分饱和期可长达几个月。

(5) 排水差。50cm 内土壤的水饱和期在 6 个月以上,但 25cm 以上在生长季的大部分时间内不饱和。

(6) 排水极差。25cm 以内的土壤有一部分水分饱和期超过 6 个月。在 60cm 内的土壤的某些部分出现永久性积水。

土壤剖面内的有效水容量也是评定土壤水分状况的重要指标,这是指有效土层厚度内可供利用的土壤水分含量。可根据土壤质地和土层厚度推算土壤有效水容量的方法。例如,假定土壤质地为壤土,每 10cm 土层内的有效水分含量为 17mm,有效土层厚度为 35mm,那么其总有效水分含量约为 59.5mm。这种方法比较简便,如果土壤质地与土壤有效水分含量之间的关系研究得较透彻,计算结果是可以满足土地评价要求的。

4. 土壤

土壤的许多性质与土地质量有关(表 14-11)。

表 14-11 土壤性质对土地质量的影响

土壤性质	对土地质量的影响
土壤质地和砾石量	耕性,水分有效性,排水与通透性,肥力,水蚀和风蚀危害,土壤渗透性,可灌溉性,根系可生长性
可见的巨砾或岩石露头	耕性,水分有效性
土层深度	水分有效性,耕性,根系可生长性
土壤结构(含硬盘、结壳和紧实度)	风蚀和水蚀危害,根系可生长性,水分有效性
有机质与根系分布	水分有效性,风蚀和水蚀危害,耕性
pH 值,$CaCO_3$ 或石膏含量	土壤肥力,土壤碱性
粘土矿物性质	水蚀危害,耕性
化学分析性质(例如 N、P、K 或毒素含量)	肥力(养分有效性),毒性
土壤渗透性	排水和通透性,水分有效性,可灌溉性
有效水容量	水分有效性
渗入或径流	水蚀危害
土壤盐渍度	土壤肥力和毒性
土壤母质	肥力(养分有效性)或毒性

土壤侵蚀强度是土地评价常用的一项指标，它与气候、地形、岩性和母质、植被和人类活动等因素有关。土壤侵蚀有不同类型之分。按营力可分成水力侵蚀、重力侵蚀和风力侵蚀等。在水力侵蚀中，又可分出面蚀(雨滴击溅侵蚀、层状侵蚀、鳞片状面蚀以及细沟状面蚀等)、沟蚀(浅沟、切沟、冲沟等)和喀斯特溶蚀等。在重力侵蚀中，又可分出泻溜、崩塌、滑坡等；在风力侵蚀中，又可按沙粒的移动方式分出悬移和推移两种形式，而实际上往往以沙丘的形态种类和固定程度划分风力侵蚀或堆积的类型。这些侵蚀类型既是侵蚀形态的体现，在一定程度上也反映了土壤的侵蚀强度。因此在已经有明显侵蚀特征的地区，可参照这些侵蚀类型去间接判断土壤的侵蚀强度。

定量地判断土壤侵蚀强度的方法，是建立反映土壤侵蚀量与各影响因子关系的数学模式，例如国际上流行的"通用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation)"，其基本形式为

$$E = RKLSCP$$

式中，E 为土壤流失量；R 为降雨侵蚀力因子；K 为土壤可蚀性因子；L 为坡长因子；S 为坡度因子；C 为作物经营管理因子；P 为土壤侵蚀控制措施因子。

5. 区位条件

土地的区位条件评价，在原理上与矿产资源评价中的矿区条件评价类同，此处不赘述。

二、水能资源评价

1. 水能蕴藏量

各条河流水能蕴藏量的大小，与水量、落差成正比关系：

$$N = rQ_0H\ (\text{kg}\cdot\text{m/s})$$

式中，N 为水能的理论蕴藏量；r 为水的比重(1 000kg/m^3)；Q_0 为过水流量(m^3/s)，采用多年平均流量；H 为落差(m)。

上式单位为 kg·m/s(做功单位)，应换算为每年的电力单位(kW·h)。因为：1kW = 102 kg·m/s，1a = 365×24 = 8 760(h)，所以有：

$$\begin{aligned} N &= 1000\cdot 1/102\cdot Q_0\cdot H\cdot 8760 = 9.8\cdot Q_0\cdot H\cdot 8760 \\ &= 85848Q_0\cdot H\ (\text{kW}\cdot\text{h}) \\ &= 85848Q_0\cdot H\ (\text{度}) \end{aligned}$$

由于水量取决于降水量和蒸发量，落差取决于地形条件，因而又可依据一定区域内的降水量、蒸发量和地形落差变化的基本数据，用上式大致估算区域的理论水能蕴藏量。

实际上，由于自然、经济、技术种种条件的限制，有相当一部分水能还是不可利用的。例如河流的天然流量洪枯变化很大，洪峰来时，要从溢洪道放走一部分，不可能全部流量都用来发电。用水库调节可解决部分问题，一般水电站约可利用流量的 80%—90%。从

河流或水库中引水供农田灌溉和工业用水，船闸或筏道放水，水库蒸发损失等，都减少发电量。河道的落差由于受地形地质条件和淹没损失的限制，也往往不能利用到最高程度。此外，把水能转换为电能或机械能过程中也有损失（水轮机组的发电效率平均约为85%—90%）。那些实际能够用来发电的水能蕴藏量，称为实际水能蕴藏量（或可开发水能蕴藏量）。

一个地区的实际水能蕴藏量和理论水能蕴藏量的比值，称为水能蕴藏量的利用系数。利用系数越大，开发利用价值越高。例如全国的理论水能蕴藏量（为6.8亿kW）相当于每年发电5.9万亿度。全国可开发的大中小水电站装机容量为3.8亿kW，以平均年利用小时数为5 000h计，年发电量约1.9万亿度。所以水能蕴藏量的利用系数为32%。各地区的利用系数也可照此计算。

2. 水能开发条件

水电站的建设投资较大，工期较长，所需建材、机器设备多，修建水坝淹没损失也较大。所以，水电站所在地区的自然、经济和技术条件，对水能资源的开发利用价值也有很大影响。如电站坝址的地质、地貌条件，一般要求基岩坚硬，河床覆盖层较薄，坝区地壳稳定，地震烈度不高，河谷深切，库区无渗漏之虑。河流的含沙量少，可以延长水库的寿命，反之则缩短水库寿命。这对投资多，工期长，对国民经济发展影响较大的大中型水电站，关系尤为重大。库区淹没指标和人口迁移指标是很重要的因素。一般而言，坝高越大，库容越大，发电量越多，淹没损失也越大，二者形成一个此长彼消的关系。一般用单位千瓦淹没耕地数和迁移人口数来衡量。可在相同发电量的前提下（对于两处电站）或不同发电量前提下（对于一处电站的不同坝高），对比这两个指标，较低者成本低，经济效果较好。我国已建和在建的大中型水电工程，淹没耕地数一般不超过0.226亩/kW，迁移人口数不超过0.144人/kW。水电站所处的经济地理位置，特别是水电站与能源消费中心之间的距离、影响着水能资源开发利用的先后次序，制约着水电站的投资和生产规模。如西藏及川、滇西部水能资源极为丰富，可开发的水能资源占全国的64.5%，地形地质条件好，淹没损失小，移民数量少，但因交通不便，人烟稀少，经济基础落后，离负荷中心远，在开发顺序上就得往后排。而三峡地区，水能富集，可发电量大，而且所处地理位置优越，理应优先开发。

以上只是概括地介绍了水能资源的评价指标。实际上，水能资源开发的评价远为复杂，尤其是大型、特大型水电站。以长江三峡工程的评价论证为例，前后进行70年，最后一次集中3 412名专家，分14个专家组从多方论证，主要论证专题有：地质地震与枢纽建筑物、水文与防洪、泥沙与航运、电力系统与机电设备、水库移民、生态与环境、综合规划与水位、施工、投资估算、综合经济评价。

三、森林资源评价

1. 林地面积

林地面积是指林木郁闭度达到0.4以上的有林地面积（包括天然林和人工林）。林木郁闭度0.1—0.3者称疏林地，0.1以下者称无林地。林地面积是衡量一个地区森林资

源的首要指标。

林地面积除以上绝对数量指标外，还用相对数量指标，即森林覆盖率来表示：

森林覆盖率 =（有林地面积 + 灌木林面积）÷ 土地总面积

一般认为，一个地区的森林覆盖率应在 25% 以上，否则不仅木材不能自给，生态环境也难以保持良性平衡。但各个地区的自然条件和社会经济条件不同，林业在地区的地位也不一样，从而对各个地区森林覆盖率的要求也不同。我国《森林法》规定，全国森林覆盖率应达 30%（目前仅为 12.5%），山区应达 40% 以上，丘陵区达 20%，平原区达 10%。这是评价各地区林地面积的基本要求。

2. 森林结构

森林结构是影响林分生长、生产力以及稳定性的重要因素，同时也影响着森林其他功能的发挥。森林结构主要从以下几方面来评价。

（1）树种结构。一般而言，树种结构越单一，越便于造林，便于机械操作，越易于抚育、采伐，但也越易受自然灾害和病虫害的危害。也就是说，单纯林易造林、抚育和管理，但稳定性较差。而混交林的优缺点则与此相反，若树种搭配得当，可以充分利用地上地下空间，更充分地发挥地力，比单纯林有更高的生产力，而且抗御自然灾害和病虫害的能力也较强，副产品也更多，可满足对森林的多方面要求。例如，南方关于杉木林与阔叶混交林之争就涉及对森林资源的树种评价问题。

（2）层次结构。从资源角度，一般的森林都可分为立木、下木、活地被层、层外植物等数层，其中最重要的是立木。立木本身根据树冠高低还可分出数层，立木的层次在林业上称为林相，故有单层林和复层林之分。森林的层次结构不仅改变着外界环境，并且使森林的小气候和土壤状况也发生垂直变化，也影响林分抗风力和对病虫害的抵抗力。此外，改善森林的层次结构还可加强林木的光合作用效率和促进土壤与乔木树种之间的新陈代谢和能量交换。

（3）年龄结构。大致可分为同龄林和异龄林。同龄林由于树干互相庇荫，整枝良好，树干比较通直，所以造林技术容易，抚育、采伐便于进行，单位面积产出较大。异龄林则护土作用强，当把成熟树木采伐后，耐阴树种易于萌生和天然更新。异龄林对风害、雪害的抵抗力也较强。

（4）森林密度。即单位面积内的林木株数，是表示林分水平结构的一个指标。一般而言，森林的密度影响到林冠的郁闭状况、林木对土地资源和水热光条件的利用率，也影响环境条件的变化、林木质量和生长量。此外，森林密度还影响到林分的稳定性。

3. 林产品的数量和质量

森林产品的数量和质量依据不同林种而有不同的指标要求。

对用材林而言，主要是指森林蓄积量和木材品种及材积级别。森林蓄积量中首先是森林蓄积总量，其次是可利用蓄积量所占比重。

对于特用经济林、竹林、果树林等林种来说，则主要应考虑林副产品的种类、年产量、质量等方面。

4. 森林资源的分布和开发利用条件

森林分布有明显的地带性和非地带性分异特点，此外，人为因素也影响森林的分布变化，从而形成不同的林区、林种、蓄积量和林副产品，森林的分布也决定其区位条件和其他开发利用条件。

森林资源的开发利用条件具体表现为：森林资源的集中程度、林区交通条件、林区附近工农业发展水平是否有利于提供必要的机械设备和粮食等生活、生产用品，林区动力保证程度，以及林区的气候、地貌条件等。

四、草场资源的评价

1. 草场生境条件

草场生境条件决定草场类型、植物构成、草场的生长期、产量和质量，因此是重要的评价指标。主要评价以下几个要素。

(1) 气候。主要评价年均温、月均温、极端高低温、无霜期、冰雪期、降水量以及暴风雪、尘暴沙暴等自然灾害的强度和频度，以及它们对草场生产和放牧活动的影响。

(2) 地貌。主要评价地貌部位对地方气候、地下水埋深、土壤的影响，评价地形起伏、坡度、坡向对放牧活动、草场饲料利用率以及利用方式(放牧或割草)的影响。

(3) 水源。水、草是评定草场经济利用价值的两大重要因素。草群丰茂但缺乏水源的草场，往往不能充分利用。草场水源包括地表水(河、湖)和地下水(井、泉)。水源丰富与否取决于水源地距离和水量，水源地相距越近、水量越大，供水保证率就越高；反之则低。如果牲畜饮水到 10km 以外，供水就无基本保证，草场也只有在冬季积雪时才能部分利用。

(4) 土壤基质。主要考虑土壤发育程度和土壤机械组成，以鉴定草场饲用植物的生长情况和草场的耐牧条件，从而确定草场的经济利用价值。

2. 草场植被条件

草场植被是草场的主体因素，也是人类利用草场的直接对象，它决定草场的基本特性(如植物组成、发育强度、产草量等)、草丛质量和草场利用的发展方向。草场植被条件主要从以下三点来评价：

(1) 植被覆盖度。在其他条件相同情况下，草场植被覆盖度越大，经济价值越高。南方山坡草地植被覆盖度最高。“天苍苍，野茫茫，风吹草低见牛羊”也表达了一种很好的植被覆盖。

(2) 草场饲用植物构成。直接影响草场的经济利用价值。南方山坡草地植被虽好，但往往缺少适口性强草种，限制了其牧用价值。饲用草群中以豆科草类最好，其分布广泛，含有丰富的蛋白质和矿物质，适口性强，吸收率也高，有很高的饲用价值，但在一般草场中所占比重不大(人工草场除外)。其次为禾木科草，这是一般草场中最常见、所占比重最大的草群，其含有丰富的碳水化合物，适口性强，饲用价值也较高。杂类草品质和适口性都较差，只适于骆驼和山羊等。

(3) 草群品质和产量。草群种类可大致反映草群品质，但各类中差异也很大。一般按植物成分的适口性来鉴定草群品质，可分为优、良、中、劣、不食或很少食几类。植物适口性好坏与其利用率高低通常成正比关系。草场产草量的多少是划分草场等级的重要指标。南方山地草场草群品质较差，虽产量较高。

以上三点，在很大程度上取决于草场类型，如表 14-7 所示。南方山地草场虽覆盖度高，产量高，但由于草群品质差，约 30 亩地才能供养一头牛，而北方草原约为 5 亩。

表 14-12　北方草场类型的草场植被条件

	草群覆盖度(%)	草层高度(cm)	鲜草产量(kg/亩)	草群组成(重量%)			
				禾本科	豆科	杂草类	灌木及半灌木
森林草原	60—80	30—50	200—400	13.6	5.3	81.1	—
干草原	35—50	20—40	100—200	67.9	1.	21.1	9.9
荒漠、半荒漠草原	15—25	20—40	25—100	31.8	—	12.4	55.8
荒漠	5—10	草本 3—5 半灌木 0—25 灌木 40—70	15—50	1.0	—	—	99.0

3. 草场生产潜力

(1) 载畜量与载畜能力。载畜量是指草场上实际的家畜饲养量，也称为牧场实际的密度容量。它在一定程度上反映了草场生产能力的水平和经营管理的效果。由于家畜繁殖、死亡、淘汰、出栏等过程随着草场牧草数量、质量在季节和年份上的不断波动，加之每年气候、灾情、饲养管理、草地培育手段等条件的不同，因而载畜量总是不断变化的。就一年而言，冬春季载畜量为最低，暖季最高。

载畜能力即是草场对牧畜的承载能力，指草场在保证持续利用(为方便起见，多定为在中等程度利用)条件下，全年放牧期内可能容载的最大牲畜数。它是一个理论数值。载畜量小于载畜能力，表明草场生产还有潜力；反之，则造成超载，这就是一种过度放牧，会使草场生产力大大下降。

用载畜量来评定草场的生产能力，长期以来以其指标简单明确、通俗易懂、统计方便而广泛用于我国和全世界的草场生产实践中。尤其在草多畜少和草畜平衡的地区，牧草能充分满足家畜的需要，在一般的经营管理条件下，较多的家畜头数可直接表现为较多的畜产品。但由于家畜本身具有生产资料或财富象征两种作用，家畜量与可用畜产品(存栏数与出栏数)之间可能会有显著差别。往往会出现家畜存栏数增加了，畜产品收获量反而下降的反常现象。

(2) 畜产品的年产量与单位面积产量。草场生产的最终目的是获得畜产品，载畜量和载畜能力只是一个中间状态。获得畜产品与牲畜数量有直接关系，没有一定数量的牲畜，牧草就得不到充分利用，草场生产潜力也无从发挥。但牲畜头数过多，超出草场牧草生产量的负荷能力时，不但牲畜数量发展没有保证，也会严重降低草场生产能力。因此，应当在稳定适当的牲畜数量的情况下，通过提高畜产品年产量和单位面积产量的途径，来提高草场生产能力，充分发挥其潜力。

计算畜产品的年产量和单位面积产量时,常把各类畜产品产量换算成统一的畜产品单位。1个畜产品单位相当于1kg增重,0.7kg净肉,含有2.25Mcal代谢能。(这里没有考虑蛋白质和其他营养成份或物质,如毛、皮)。按国内先进地区的试验数据,以5kg青草为1个饲料单位,每10个饲料单位(50kg青草)生产1个畜产品单位。据此,一定范围内的草场年总产草量除以50,即可得此范围内畜产品的年产量;再除以面积,得单位面积产量。当然,这只是一种粗略的算法,实际上畜产品产量还取决于草的品质、水源等。

在维持牲畜产量相对稳定条件下,增加畜产品产量的一个有效途径是:合理淘汰,加速周转,这是符合草场畜牧业经济规律的。因为家畜的生产性能与年龄有关,年龄越大,生产性能越低。以产毛、产肉的改良羊为例,5岁后其毛、肉均不会有增量,此外,草场牲畜一般有所谓秋肥冬瘦春死的季节变化规律。因此,只要注意减少老、残、弱畜等生产性能低的牲畜在畜群中的比例,提高家畜质量,适时出栏,加强冷季牧场建设或冬储牧草,畜产品产量可以在不增加牲畜数量的情况下大量增加。

五、海洋鱼类资源的评价

1. 鱼类的数量变动

也称鱼类资源变动。主要通过渔获量的变动而显示出来。鱼类的数量变动往往表现得很剧烈,如烟台鲐鱼渔获量的波动幅度超过10倍;西太平洋经济鱼类渔获量的波动幅度,鳀鱼为1—4.3倍,秋刀鱼为1—25倍,鲹鱼为1—12倍;大西洋的梭鲈鱼为1—10倍,虾虎鱼为1—75倍。

要深入评价鱼类数量变动,就需评价其影响因素,主要有以下几个:

(1)海域中饵料的保证程度。不同海域具有不同的水环境条件,如热带水域、温带水域和寒带水域;近海水域与远海水域;浅海水域与深海水域,它们因而有不同的饵料状况。如近海大陆架海水较浅,距大陆近,海洋光合作用能够充分发挥作用,滋养浮游生物,底栖生物种类多,产量大,饵源丰富,鱼类和生存、繁殖和营养条件比远海大洋优越,从而有利于鱼类数量的增长。因此,海域环境所决定的饵料保证程度是影响鱼类数量变动的重要因素。

(2)鱼类本身的生物学特征。诸如繁殖力、自然死亡、补充群体(种群代谢)及其生长等,对鱼类的数量变动起着支配作用。原苏联学者蒙纳斯蒂尔斯基根据产卵鱼群的产卵形式与第1次参加产卵的补充群体的多少,以及以后各世代的剩余比例等,来评价它们对鱼类数量变动的影响。

设:C为产卵群体数量(当代);F为补充群体数量(后代);R为剩余群体数量(前代)。

鱼类产卵类型有3种。

第一种产卵类型,$R=0$,$F=C$。一生中仅产一次卵,产卵后亲体大量死亡,补充群体等于产卵群体,如大马哈鱼、渤海的对虾、东海的乌贼等。这种鱼类群体组成简单,生长较快。其数量波动的主要原因是亲鱼产卵尾数减少,以及大量不成熟的鱼体遭到严重损害。这类产卵类型的群体最不稳定,易受捕捞、天灾的影响;但遭破坏后一般恢复也较快。

第二种产卵类型,$R\neq0$,$F>R$,$F<C$。产卵群体比较复杂,其中含好几代;而补充

群体的数量常大于剩余群体但小于产卵群体。通常一生重复产卵二三次。这种类型的鱼的特点是寿命较短、生长较快,繁殖力强。因此资源遭到严重破坏时,能在短期内恢复起来。如带鱼、青鱼、小黄鱼、鲐、鲹等。

第三种产卵类型:$R\neq0, F<R, F<C$。产卵群体中以剩余群体为主,即大部分为产过几次卵的鱼,补充群体只占一小部分。这种产卵群体更为复杂。鱼类一般生长较慢,寿命长,性成熟较迟,年龄结构复杂。因此,资源一般不易遭破坏;但一旦破坏恢复能力迟缓,因为每年增加的补充群体很少。如大黄鱼。

(3)人为捕捞和增殖措施。捕捞因素主要是捕捞强度(鱼类的平均年捕捞死亡率,按百分比算),及其对不同鱼种的不同影响。只有在合理的捕捞强度下,保持在持续产量曲线(参见第四章)范围内,才能使有限的鱼类种群为人类持续提供无限的累积渔获量;否则就会导致渔业资源衰退、渔获量下降。如我国东海、黄海目前捕捞强度已高达60%—80%,已导致鱼类资源衰退。

当然,捕捞因素对于不同生物学特征的鱼类影响是不一样的。一般对移动性不大、生命周期较长、性成熟较迟的底层鱼类影响较大;而对于洄游范围较广的中上层鱼类,或生命周期短、性成熟早的鱼类影响相对较小。

与捕捞相对,增殖措施,如资源保护、养殖等,也影响鱼类资源数量的变动,在发展捕捞的同时,必须注意繁殖保护,划定禁渔区,规定禁渔期和渔具限制,防止水污染等,以有效地保护和增加鱼类资源,为充分、合理地利用鱼类资源提供基础。

2. 鱼群的洄游规律

鱼群洄游对鱼类资源的分布和数量有显著影响,鱼类洄游分3种类型。

(1) 生殖洄游(产卵洄游)。鱼类为了繁殖后代,每年在一定的季节集群游向一定范围的水域进行产卵,称之为产卵洄游。产卵鱼群绝大多数游向沿岸、河口一带进行产卵。这是由于沿岸有大陆河流注入丰富的营养物质,饵料丰富,而且夏秋季沿岸水温较高,有利于鱼卵的孵化和仔鱼的成长。因此,鱼类往往以极大的洄游速度,游向特定的产卵场。在产卵期的产卵场鱼群密集达到高峰。世界各国的渔业大多以捕捞产卵鱼群为主。我国最主要的几种经济鱼类,如大黄鱼、带鱼、青鱼、乌贼等,也都是在生殖洄游期和产卵期捕捞量最大。

生殖洄游按产卵场的不同,又可分为三类。一类由深海游向浅海和近岸,占大多数,如大黄鱼、带鱼、青鱼、鲳鱼、兰元鲹等。另一类由海里游向江河,或者由江河下游游向上游,这一类称为"溯河性"鱼类,如鲥鱼、鲑鱼、大马哈鱼、银鱼、中华鲟鱼等。还有一类,如鳗鲡等,由江河游向海洋,称为"降河性"鱼类。

(2) 索饵洄游。绝大多数鱼类产卵后由于恢复体力的需要,开始大量摄食。此时密集的产卵鱼群开始分散索饵。有些鱼有明显的索饵场(如日本鲐鱼),由产卵洄游到索饵场进行索饵;有些种类有明显的索饵期,但无明显的索饵场(如大、小黄鱼、带鱼)。此种洄游的目的在于索饵,因此鱼群洄游路线、方向受饵料生物的变化移动影响,饵料生物的状况支配着索饵群体的动向。

(3) 越冬洄游。鱼类是变温动物,对水温的变化较为敏感。由于季节变化,冬季近岸水温开始下降,鱼类为了适温的要求,追求适合其生存的水域,便引起集群性的移动,谓之

越冬洄游，也称适温洄游。一般是由近海游向深海，由高纬游向低纬。越冬洄游速度的快慢，在很大程度上取决于水温下降的快慢。开春后随气候转暖，性腺成熟，鱼数开始生殖洄游。

海洋鱼类除了有上述洄游移动的规律外，很多中下层鱼类在昼夜之间还有明显的垂直移动(如带鱼、小黄鱼等)，亦即一昼夜间栖息在不同的水层。引起垂直移动的原因，主要有两种。一是由于饵料生物的昼夜垂直移动，鱼类为了追逐饵料生物，随着浮游生物垂直移动。另一种是由于各种鱼类对昼夜间光线强弱的变化有不同要求而发生垂直移动。如带鱼，怕强光，喜微光，一般在黄昏时上浮，夜间栖息于水的中下层，黎明时下沉，中午光线最强时则栖息于近海底。掌握带鱼这种垂直移动规律，在生产上有重要意义。

3. 渔场条件

由于洄游，鱼类集合成群，定期在一定地区大量出现，这就形成"渔场"，洄游的进行即表现成渔场的移动。海洋渔场的形成还受许多其他有关因素的影响，从而使各海区的渔场有着不同的开发利用价值。这些因素主要是：

(1) 海区位置。包括经纬度位置和海陆位置，二者影响海洋气象、水文、海流和江河入海情况，从而影响着海洋鱼类的洄游行动。海流的动向与海洋鱼类的洄游规律关系更为密切，不少鱼类几乎是随海流而洄游。如在南海深海区，有跟随海流前来洄游的远洋性鱼类，如金枪鱼、旗鱼、鲣鱼、鲨鱼等。在东海、黄海、渤海，暖流与寒流交会处，出现上升流，海水中饵源丰富，各种暖水性鱼类多汇集于此，形成渔汛。近陆海区，接受来自大陆的大量淡水、养分和饵料、滋养和繁殖海洋生物，也成为有利的渔场。

(2) 海水深度。海水深度影响着海洋中浮游植物的光合作用。光线强度随海水深度而递减。一般把海洋垂直地划分为3层。真光层光线较强，足以供水生植物光合作用之需，所有浅水带，均位于这一层内。弱光层光线微弱，深80—200m，植物不能正常生长，所出现植物多为真光层内沉下来的。无光层，植物不能生活。因此，大陆架范围内的浅海地带比深海地带浮游植物、浮游动物和微生物都丰富多样，因而海洋鱼类资源也丰富得多。

(3) 海底地形和底质。不同的海底地形和底质，适应着不同鱼类栖息、繁殖和洄游的生态习性，影响海洋鱼类的品种和数量组成。

如渤海底较平坦，水深一般不过30m，黄河、海河、辽河每年带入大量黄泥砂，底质多泥质，是著名的鱼、虾产卵和洄游索饵场所。东海海区，舟山群岛北为砂岸，海底地势平坦，多砂质和泥质底。舟山群岛以南是岩岸为主，适宜喜暖而清澄的水的墨鱼产卵，故为墨鱼产区。

(4) 渔港和渔业基地条件。渔港供渔船停泊，装卸渔需品、避风，是渔业作业根据地。渔港加上陆上的加工厂、渔船修造厂、渔具厂、码头、鱼市场、渔政机构等，就形成渔业基地。显然渔港和渔业基地的条件直接影响着渔场的开发利用。

六、淡水鱼类资源的评价指标

1. 地区自然条件

淡水鱼类的种类组成首先取决于所在的流域和河段。如珠江流域位于南亚热带，高

温多雨,鱼类在一年中的生长期长,养鱼一年可收获两三次。鱼的种类也相当多,约有260余种。而黑龙江流域,气候较冷,鱼类只有90多种。又如长江干流大致以宜昌为分界,上游平鳍鳅科鱼类特别丰盛,下游则有上游没有的一些鱼种,如鲚鱼、鳜鱼、乌鱼等。

2. 水环境条件

各河流、湖泊、坑塘和水库中的水文、水化学、水生生物状况,是天然鱼类数量变动的重要外界因子。如我国南方水量丰富,水质肥沃,水环境条件很适合鱼类生长,所以鱼类品种繁多,产量也高,多有"鱼米之乡"。而西北、内蒙古地区的湖泊水面,由于气候干旱、蒸发量大于补给量,所以水质盐化,多数鱼类不能生存。

3. 渔业利用

即人为的农业工程、捕捞和增殖措施,对淡水鱼资源的种类和数量组成有重大影响。如河湖建立堤闸,阻碍了江湖间鱼类洄游,使鱼类的种和量的组成发生变化。人为捕捞量强度过大,密网酷捕幼鱼、工业废水污染等,可能导致鱼类资源下降。反之,加强人工放养,则促使鱼类增殖。

第十五章　自然资源开发决策

人们开发和利用自然资源，主要是由于它们能为人们提供产品和满足。人们对大多数自然资源产品的胃口越来越大，因此，公共机构和私人经营者对新的自然资源开发都表现出广泛的关注。

自然资源开发决策的特点是它关注长期经济生产力。与许多经营决策者不同，自然资源开发决策者要把他的资本、劳动和资源投入持续的时间周期，其决策往往将资源冻结用于某些用途，直到乃至超过该资源开发的期望经济寿命。另外，自然资源开发者及投资者对未来预期的收益流、成本流和地租流很关心，他们力图保证在扣除成本之后能连续获得某种收益和满足的剩余，从而使长期投资收益和满足最大化。

自然资源开发者希望弄清恰当的开发时机。当他们的产品已经有了市场时，他们很自然地关心产品价格和未来可能的需求水平，因为这些因素对他们期望的总收益有影响。他们知道，很有必要将成本支出控制在一定限度之内，以使其项目收支相抵，并取得资源要素和管理投入的适当报酬。

本章主要研究影响自然资源开发决策过程的主要因素。首先讨论自然资源利用的更替性和自然资源开发的经济原理。其次是对自然资源开发主要成本项目的考察，最后讨论一般项目评估中所使用的成本-收益分析法。

第一节　自然资源的开发与再开发

根据自然资源经济供给原理，自然资源趋于向那些出价最高的经营者手中转移，趋于向那些收益最高的用途转移。一般农村土地的经营如此，城市土地也这样。这种土地资源利用的总趋势揭示出所谓“自然资源利用更替性”原理。按照这个原理，每当不同资源用途的有效需求变化，导致适于这些用途的资源的利用能力也发生变化时，所涉及到的资源就趋于向最高层次和最佳经济用途转移，除非这种转移为制度所不容许，或者除非有相反目标，或除非资源所有者或使用者反应迟钝。

人们利用土地资源的历史是一个长期的土地利用更替的历史。人们或许乐意将一些自然资源置于自然状态之下，但是大多数自然资源，特别是那些容易接近的和具有较高经济利用能力的自然资源，已为人们的行为所改善和开发。这个开发过程决不是一件一劳永逸的事情。随着时间推移，一些已经用作那些用途的财产，必然在几个月或几年内进行再开发，改作其他有更高收益或效益的用途。

在我们周围到处都有土地利用更替的例子。在整个土地开发过程中，原始森林给食物生产力更高的种植业让路；采伐过的灌木林地开发成商业性森林；曾经是沙漠的土地上已经有灌溉农业、旱作农业和牧场；与世隔绝的大自然的奇境已经辟为成千上万旅游者想

往的胜地。

大城市的出现是土地资源利用更替发展过程最生动的例子。很多城市的中心商业区在将近两个世纪以前还曾是一片荒野，起初它们成了边远地区贸易货栈和农民居住的地方，再后来成为繁荣的商业社区，最后成了飞速扩展中的大城市的商业中心。在这个更替过程中，从前居民踩出的小路，变成了横贯商业区的喧闹的交通要道。昔日居民的茅舍也让位给大银行、商店和摩天大楼，现在这些建筑已经占据了百分之百的空间。当初以很低的初始价格还难以卖出的土地，现在已是寸土寸金了。

更替过程是一个动态过程，它要求随需求和技术的变化而作出调整。随着城市的发展，房屋和商店要建在昔日的牛场和玉米地上；私人水井和简陋的卫生设施为公共供水和地下水道系统所代替；公用设施建立起来了，新街道出现了。随着城市的发展和繁荣，人们又乐意进行昂贵的城市再开发，原来适合马车行驶的道路必须加宽、重新铺设；下水道要重挖和拓宽；商店要翻新；旧房子要推倒、让位给新的商业区开发；某些有条件的地方要再建公园和开放空间。

自然资源利用的更替性往往要求做出长远的决策。多数自然资源的开发需要相当数量的投资。因此，要求进行细致的投资核算，要求权衡一下新开发所必需的经营成本、生产成本、时间成本、替代成本和社会成本，以及扣除上述成本后的期望收益。这往往包括一些重要的抉择，即不同开发计划之间的抉择，不同规模与比例的可比项目之间的抉择，使个人利润最大化项目同强调社区和社会目标的项目之间的抉择。

一、自然资源开发的原理

人们之所以开发和利用自然资源，一是因为人们要生存，二是因为自然资源开发的产品可以在相当程度上改善人们的生活。人们开发自然资源的基本动力来源于对生存的渴求，以及对希望获得维持生存所需食物、住所之外的某些东西的渴求。人们之所以开发自然资源还因为开发的产品可以增添生活情趣和满足。

当人们开垦土地、将土地分成小块以备出售或建筑办公楼使收入增加时，这种满足往往用货币来衡量。有时满足不能用货币来衡量，这时的满足可能是精神上的价值或审美价值、对个人权力的一种追求、一种胜利感，或者是其他任何一种个人或社会目标。因此，金字塔的兴建可能是作为某个人灵魂的安息场所，也可能是作为美的乐园或人们慈善行为的纪念物，或者是作为军事防御线上的一个防御堡垒。

不论人们强调的是利润还是非货币目标，每个有理智的经营者都不会一上来就进行自然资源开发，除非他想得到的总收益等于或超过其预期成本。经营者的评估方法可能是比较精确的，也可能是模糊的。他可以就近期期望收益和成本作对比，也可以就较长期的未来作比较，可以评估他将来可以获得的收益并将它们折算成现值。总之，经营者对成本、收益的计算可能是不精确的，并且度量标准也模糊，不测风云可能使经营者的开发不能按预期的那样进行。但是，不论成败与否，几乎所有经营者的土地资源开发都力图使其满足最大化。

有经营头脑的土地资源开发者们所遵循的原则，可用图 15-1 中的三个例子来说明。其中每个例子中，经营者一开始都有一定的土地资源基础和特定的开发计划。经营者在

每年可以获得的总收益用 AT 曲线表示。图 15-1a 例假设是某一用途（比如种植业）的开发，其总收益不随时间变化；图 15-1b 假设一项建筑投资，在开始每年可以带来较高的收益，但在以后年份里随着建筑物折旧、甚至报废，总收入越来越少；图 15-1c 假设一项商业财产开发，在其建成后 E 年以前不会达到其最高收益，但是也必须看到随着财产贬值，将有一个总收益逐渐下降的时期。

在每个例子中，经营者都必须计算其年预期经营成本。他可以假设一个恒定的平均经营成本水平，如每个图中的 DS 成本线所示；也可以假设这些成本随着时间的推移而增加（也很有可能下降）。他必须为其建设农场、房屋或商业性不动产等所支付的成本得以回收而筹划。

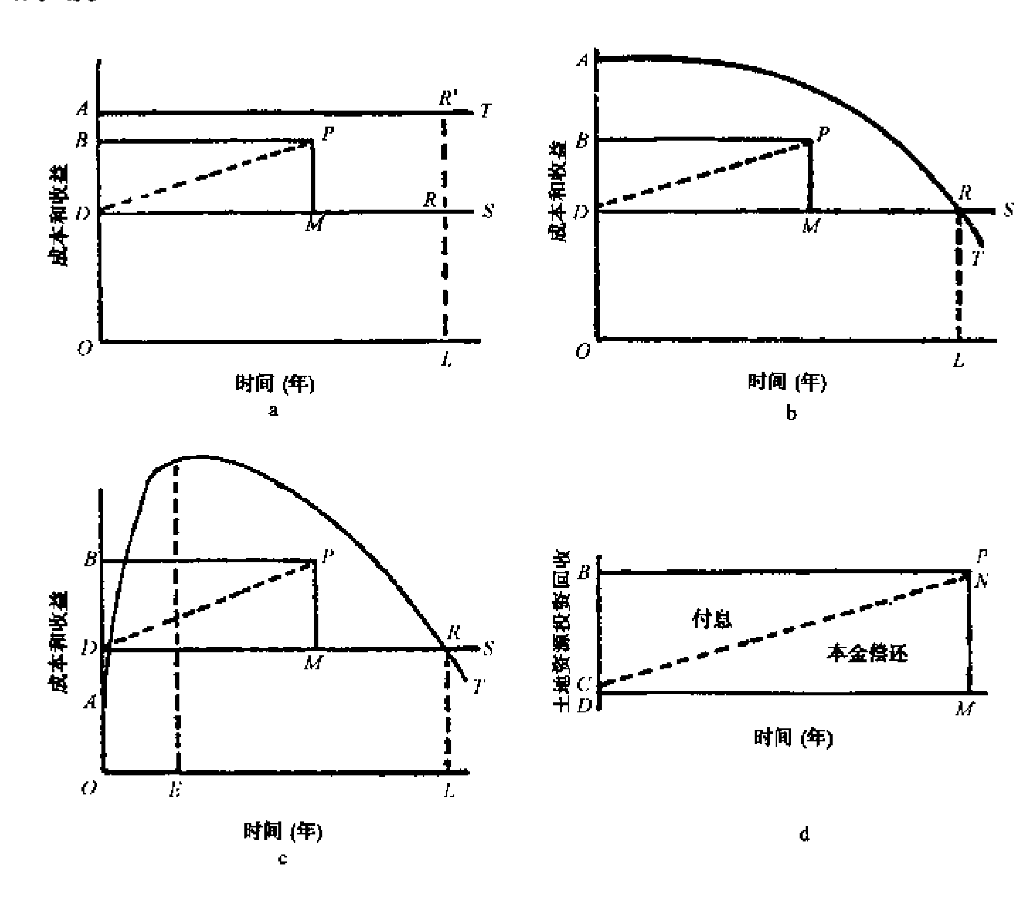


图 15-1 预期成本和收益对土地资源开发投资决策的影响

如果经营者自己拥有土地，他很可能将劳动支出、原材料费、维修费用、赋税、保险费、生产贷款的利息等列为经营成本，扣除这些成本后的余额（对于 L 年来说是 $ADRR'$ 或 ADR）代表地租收入和经营利润所得。在这两类收入中，预期地租流可以用资本化方法很容易地计算出来。因此，经营者很自然地在其未来预测中将土地视为一种固定成本要素，而扣除成本之后的余额则成为他的经营利润所得。

用这种方法，经营者可以将土地资源的投资价值视为图 15-1 中的矩形 $BDMP$。他自然会为收回所投入的资本而筹划，并假设资本总额是分期偿还的，其中本金的偿还数目越来越大，而资本付息却越来越小（见图 15-1d）。所假定的总时间周期应视资本化率而定（如资本化率为 5%时，周期应为 20 年），但不要超过其预期总收入高于经营成本和投资

成本的年限。

一旦经营者计算出了未来的总收入、开发成本和经营成本，如果他的预期收入（如图15-1a 中的 *AOLR*′、图 15-1b 和图 15-1c 中的 *AOLR* 所示）超过了预期成本（*DOLR* 和 *BDMP*），他就可以顺利地实施其自然资源开发计划。然而，这时他应特别注意投资的各种备选用途。如果他决定实施其开发计划，自然会有计划地将其经营活动限制在预期总收入超过其经营成本的几年之内（图 15-1b 和 15-1c 中的 *L* 年）。

这三个例子描述了经营者使其地租和利润最大化的常规做法。同样基本推理也适用于家庭建房、开辟花园或美化庭院的场合，也适用于开发城市中心、铺设新街道或建立公园的场合，所不同的是，这些例子都是强调非货币方面的因素，即强调个人、家庭、社区和社会的满足，强调社会总福利。这些价值一般不能用货币来表示，但是它们对于评价自然资源开发有着重要的意义。

二、自然资源再开发的原理

到目前为止，我们已经讨论了自然资源的初始开发，即讨论了在那些可能被视为荒野的土地上的农场开发，讨论了空旷地上的房屋及其他改良设施的兴建。这种开发是重要的，但现在大多数自然资源开发决策，是针对已开发土地进行追加开发或替代开发。土地用途的改变可以在业已开发的土地上进行，但是，演变过程一般指对不动产资源基础进行某种再开发。例如，森林开垦成农田，农场转变成建筑区，独户住宅转变成公寓，把原来的建筑推倒以让位给更新的开发项目，都属再开发。

再开发决策要适应市场压力，同时也如图 15-1 中的例子所述，要反映单个经营者的经营核算。一般的经营者对于某些土地新用途会比目前土地用途继续经营带来更大的收入这一可能性是很警觉的，一旦出现了这种机会，他们就会把土地转移到更高层次和更好的用途上去。如果有几个经营者都有能力承担再开发项目，土地的市场价格往往被抬高到这种财产转作新用途后的现行估价水平。

对现有自然资源再开发的基本原理，可以用图 15-2 来说明。这两个图形中的实线部分对应于图 15-1a 和 b 中的图形。现假设变化中的市场条件要求在 E 年后开发新的土地用途。这个新用途比现有两种土地用途需要更高的年经营成本（D′S′），同时有足够的更高的总收入水平，起码在最近的未来是这样。扣除成本之后的期望收益剩余包括提高了的地租水平（用矩形 B′D′M′P′表示），并包括增加了的经营所得。

在这类情形下，大多数有经营头脑且有一定财力的经营者，将会很快地将土地资源转向更高层次和更好的新用途。他们的经营着眼于未来，即使这样会蚀掉其目前的一部分资本投资。然而，有不少经营者在转向新用途时犹豫不定，一些人由于对未来持悲观态度而打退堂鼓，另外一些人则是由于固步自封，或者由于更替成本的来源有各种各样的问题。

如果一个新机会在扣除开发经营成本之后仍可带来较高收入，那么只有傻瓜或者顽固的保守派才会放弃这个机会。在考虑到较高的开发和经营成本时，许多经营者可能觉得缺乏再开发所必需的财力。他们中有些人会退缩，直至收回其现有投资成本；而另外一些人则在注销其现有开发成果的市场现价时犹豫不定。

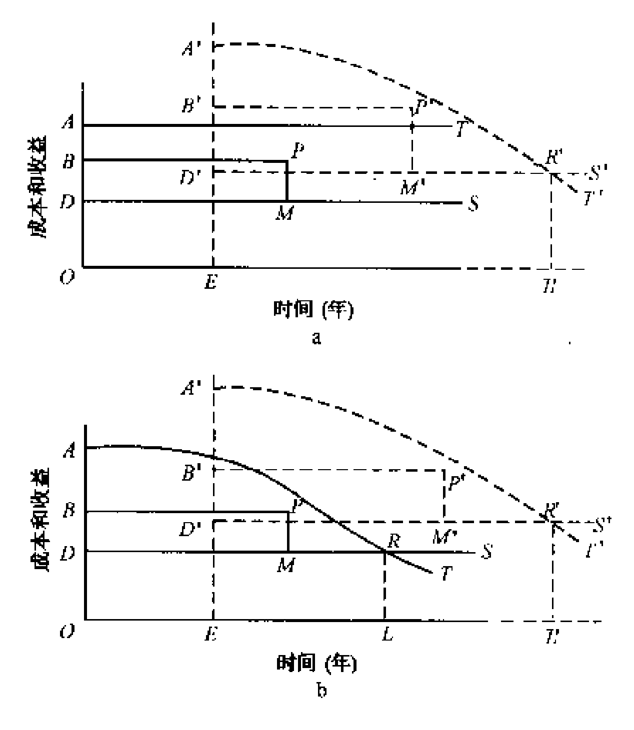


图 15-2　预期成本和收益对土地资源再开发投资决策的影响

向更高层次和更好的用途转移这样一个问题，在图 15-2a 和 15-2b 中情形大不一样。在图 15-2a 中，经营者势必会损失掉不再开发即可获得的收入。然而，他目前总收入曲线(AT)的形状使得他只要乐意继续经营就能盈利。如果有较高的财产税和经营成本(经营成本曲线向上移)使其利润边际缩小，新的期望就会落空。

图 15-2b 中的经营者面临着的问题有些不同。他可能乐意继续现有的土地利用方式，虽然通过再开发他可以获得更大的净收益。然而，他不能将其目前的经营延续到 L 年以后，到 L 年时，其总收入将会降到经营成本的水平。到那时，他必须在赔钱和再开发两者之间作出抉择。

与图 15-1 的情形一样，自然资源再开发基本原理是地租和利润最大化目标。把考虑面再扩展一点，目标还可包括各种精神享受、个人满足和社会价值。重建房屋的人们往往用增加家庭舒适和满足来评价再开发，而不是以市场价格计算的财产增值来评定。同样，城市不断地拓宽街道、改善供水系统和下水道系统及其他设施，为的是提高这些设施的社会效用。贫民窟拆除、城郊再开发和规划的实施，为的是要达到社会的、精神的、经济的或生态的目标。

三、自然资源再开发中可能出现的特殊情况

1. 闲置和向"较低"用途的转化

资源开发者往往过高地估计预期收入，或者过低地估计预期成本，或者过高估计预期收入又过低估计预期成本。这种误算往往使不动产再开发不能像预期的那样能有所回报。每当这种情况发生时，经营者就只能继续靠其开发项目维持生计，即使这时利润(或

满足感)比预期的要少;也可能以其所能接受的某个价格将不动产出售,从而也就注销了资本投资损失;如果经营无利可图,又不能出售,那就很可能将不动产闲置,或者将不动产转移到"较低层次"用途上去,这种用途所需变动投入较少,从而对于产权人来说确实是一种好的用途,因为它可以扣除较低预期经营成本之后产生较高的净收入。

究竟如何对待不盈利的自然资源开发项目,在很大程度上取决于总收益、经营成本和投资成本等曲线的相对位置。只要总收益超过总成本,经营者就会倾向于继续利用其开发项目;如果总收益超过经营成本,但不足以抵偿资本投资成本,那么这种开发项目的利用可以继续下去,以抵消全部或部分投资成本;如果总收益降到经营成本以下,那经营者就要被迫中断经营,放弃现有开发项目,除非他能用某种方式来补贴经营。

在土地资源开发历史上,出乎人们预料的例子不胜枚举。成千上万的拓荒者百折不挠地在那些自然条件并不适宜的地方拓建生产性农场,其中有些垦殖在一段时间里是不错的,但后来就不行了,因为地力耗尽了或市场条件改变了。另一些垦殖得以延续,在很大程度上是由于拓荒者补贴了大量的资本投资和家庭劳动力。众多的垦殖则由于无利可图而被放弃。

同样的过程在许多其他资源开发中也出现过。成千上万的建筑项目之所以得以继续经营,只是因为已注销了大部分的资本投资成本。同样道理,许多大规模垦殖、公共住房建设和城市再开发项目,如果没有相当数量的政府补贴也早就不能运行了。

同其他经营者一样,那些误算了预期成本和收益的资源开发者和所有者们,必须从现在起注重使其收入和满足的最大化。他们自然很想收回其资本投资,但更重要的是着眼于未来,而不是关注已投人的成本;他会积极地寻找并分析可用来提高净收入的各个方案;他可能考虑将一幢未被充分利用的商业楼改作仓库,或者考虑将耕地改为草场或林场,只要较低的预期成本和收益关系可以带来比维持现状有更高的净收入。

2. 土地投机

这里有必要对土地投机的原理作些论述。土地投机在历史上一直是一个普遍的现象,特别是在农村用地正转向城市用地或娱乐用地的地区。"投机"一词所指,它是为希望获利而冒险的货币投资。土地投机冒险给成功的投资者带来重大的财政收益,而给另外一些人则带来损失。

从经济学观点来看,土地投机可定义为持有通常处于非最佳和最高层次利用状态中的土地资源,其主要经营着重于通过转售获得资本收益,而不在于目前生产利用中谋取利润。传统上,土地投机很少关心从不动产资源经营中可能获得多少收入,而把土地视为可以买卖而获利的一种商品,土地投机商有时投入一些改良投资以提高其财产的等级,但是他最感兴趣的还是尽快地卖出去,使其资本投资有利可图,并快速周转,而不是长时间持有它、经营它。出于上述考虑,土地投机商在出售不动产并以此谋利而作为收入来源时,往往卖掉边疆土地或城郊农田或城区空闲场地,有时乃至空闲的建筑物。

土地投机在价格上升时期往往是最繁荣的。在价格比较稳定的情况下,投机者有时会觉得应该将土地持有若干年后再出售才是有利可图的。由于抱有这样的态度,投机商在开发其农村土地或在城区建筑时,可能犹豫不决,因为他觉得靠等待更高层次和更好的用途,所获得的利润要大于累计的土地持有成本。

如果投资资本要支付较高利息，财产税提高，保险费支出增加，以及其他压力阻碍投机者玩等待把戏，那情形就不同了。在这种情况下，投机者可能以其可得到的任何价格出售其不动产；他也可能放弃投机梦幻而进行土地资源的开发和再开发，以使资源得以进入现有市场条件下的最佳利用状态；他还可能采取折中方法，将土地资源用于一些粗放的用途，如农田、停车场，这些用途的收入可足以弥补其现时的持有成本，并仍保留了他日后有机会向更高层次和更佳土地用途（如商业中心或工厂等）转移的选择余地。

四、自然资源开发中的个人利益和社会利益

土地资源开发过程中时常出现个人目标同社会利益相冲突的情况。在这种情况下，谁的利益应放在第一位呢？对这个问题的回答取决于每一种情况发生的时间和环境。在某些时期内和某些形势条件下，个人几乎可以自由自在地按其意志开发土地资源，在另一些场合，个人会发现他的机会受着各种社会控制和规划的约束。

面对土地资源开发过程中不时出现的私人和社会目标优先顺序的冲突，弄清楚冲突的起因是很必要的。在个人土地资源利用中，用途的更替往往是对市场上价格的反映。只要土地所有者或出价最高的投标者将资源用于社会准许的用途，那么一切问题都不会发生。然而，如果经营者为使利润或其他满足最大化，决定将土地改做他用，以致损害或剥夺了其邻居乃至整个社会的利益，那么冲突就不可避免了。

例如，我国农业土地利用比较效益低下，这成为农地不断向城市和工业用地转移的根本原因。根据1990年的数据，每亩土地的年产值，耕地是207.67元，林地为17.36元，牧草地为11.62元，淡水养殖水面为445.49元；而城镇、工矿用地是7 749.07元，交通用地是1 214.29元（图15-3）。在市场经济体制下，效益低下的耕地就有向效益较高的其他用地转换的冲动。但耕地占用过多，威胁农业发展和食物安全，从长远来看会对社会利益造成损害。因此，必须明确政府独立于市场的作用，加强政府的管制。

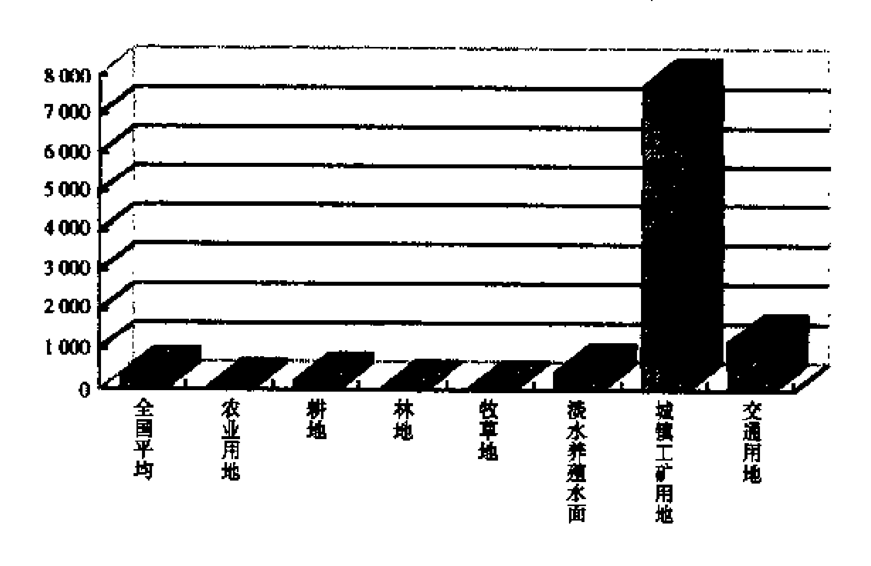


图15-3　我国各类土地每亩的产值（元）①

① 吴传钧、郭焕成（主编）.《中国土地利用》. 北京：科学出版社，1994。

此类受损害的社会利益往往有市场上见不到的特性。它可能是涉及私人土地上的林木、湖泊或溪流，以及地质构造所提供给公众享受风景的连续权利，或者涉及将这些资源作为娱乐用地的机会；也可能是指某个经营者的活动对自然环境质量可能造成的不良影响，如因经营导致恶劣的土地开发、空气污染和水污染、过度噪杂声。这些影响构成了重要的外部负经济效果和社会成本。然而，它们很难在通常的市场上评价，因此对某些单个经营者的经济核算就没有什么影响。在这种情况下，为保护社会利益，有必要采取社会措施，其中包括对自然资源利用的社会控制。

社会控制（或管理）是否用来指示、引导有时乃至限制自然资源开发决策，取决于社会利益和个人利益之间有多大的差距，还取决于当时对社会干预的流行哲学，更取决于一定的社会体制和政策。政府计划者往往贬低和反对在自由企业和谋取个人最大利润名义下进行的浪费和掠夺式经营。如果有适合的政府机构得以建立并履行其职能，如果必要的控制手段受到公众舆论的支持，那么，此类资源滥用现象经常是可以制止的。但是，不应采用为达上述目标但未经仔细斟酌和精心计划的社会控制，如果预期社会效益不能超过由控制带来的个人损失和其他损失，社会控制也不应实行。

第二节　自然资源开发的成本分析

自然资源有时被说成是自然界的恩赐。在绝对的自然状态下，它们很少可以直接拿来用作生产资料和消费物品。自然资源在具有经济价值以前，通常必须进行加工式开发。它们必须通过投入资本和劳动才可以利用，并且在大多数情况下应进行改良。

成本在自然资源开发决策中起着很重要的作用，它给经营者在“生产什么，在哪儿生产和在什么时候生产，以及用其中什么样的适宜方式生产”选择中给经营者以指导。通过成本和价格的比较，成本分析会迫使和诱导经营者进行实验、观察和发明，以找到更经济有效地生产产品的途径和更有利可图的产品生产。成本同预期收益一起，有助于说明自然资源开发的目的，以及开发的时间。

在自然资源开发过程中，往往包括有若干种成本，其中首要的和最主要的是利用未开发资源和将部分开发过的资源重新开发所需要的实际现金支出和人力投入。其他较重要的成本有与个人和团体损失有关的社会成本，由于自然资源开发及利用需要时间成本，以及将现有投资项目清除掉以让位给新开发项目而产生的替代成本。

一、自然资源开发的直接费用

几乎所有类型的资源开发都需要一定的资本和直接劳动费用，这些费用的多少和性质取决于资源开发的类型和时期。原始森林通过采伐即可获得直接经济价值，而摩天大楼的建设则需要花费大量资本和劳动。

原始土地的开发，在开始时所需费用相当低。例如，在未开发地区，拓荒者可以用较低价格买到草场或林场，自己还可能修建房屋、仓库、马厩，雇人翻耕草地，打上围墙以作为耕地用，这样又要支付一些费用。大多数拓荒者没有多少固定资产，一般的趋向是几乎把大部分的钱都用在购置土地上了，因而很自然地，他们当中大多数人都认为获得土地加

以开发所需成本是很高的。为了使现金支出最少，他们自己开荒、耕翻草地、修建房屋、打围墙，这当然需要长时间的艰苦劳动。往往需要几年的时间，拓荒者们才能在林区内伐运树木，清除掉残根和石头，建起房屋、打起围墙、把初步清理过的土地变成生产性农场。在大草原和平原地区情形就不同了，农场发展是很迅速的。不过，在那里拓荒者们往往会遇到水源和木材资源问题。

垦殖和土地开发的成本如此高，但与兴建庞大的发电和灌溉工程的开发成本相比，所需费用就相当低了。

绝大多数非农业用途的土地开发项目，需要的土地开发成本也很高。将荒野地区开发成为住宅区、娱乐用地或其他城市用途，往往需要大笔开支用于勘测、修路、铺设下水道、兴建公共施设、建立排水系统、打地基等等。

城市更新工程一般费用很高，一是由于购置正开发的场地和紧接着的拆除清理建筑物房基费，另外还由于再开发的规划是雄心勃勃的。

新公路建设是需要很高的开发成本的又一个例子。不包括场地获得费的建筑造价差别很大，取决于公路的类型、宽度、人行道数量、土壤条件、要建的桥梁和引道数量、公路坑填方情况，以及有无必要铺设下水道和排水系统，等等。城市快速公共交通系统和矿产资源开发是现行开发成本的另一类例子。

二、自然资源开发的社会成本

自然资源的改良和开发除了现金开支以外，还经常产生社会成本。社会成本可以分为两类：社会机会成本和社会不经济或外部负经济效果。社会机会成本指由于选择资源开发，社会及其成员所放弃的收益和满足。而社会不经济效果则指资源开发项目对其他个人、团体和整个社会的外部成本和伴随着的负效果。

在边远地区生活中，较高的社会机会成本是常有的事情。在边远地区，早期的拓荒者必须清理残根、打围墙、把土地整理成耕地。他们自己修建房屋，并与邻居一道兴办学校、教堂，铺设道路及兴建其他公共设施。他们乐意从事艰苦的劳动，过着俭朴的生活，因为必须把开支用在荒野上修建房屋。他们努力工作，把节余用到开发投资上去，他们的时间和劳动往往消耗在贫瘠的土地上，并放弃了只要留在原来定居的地方就可享受到的生活安逸而迁徙。当他们的开发有了收获时，往往会觉得自己的努力是值得的，自己的牺牲可以造福于子孙后代。

同样，在城市土地用途开发过程中也会出现社会机会成本。为修建或购置新房屋或为经营提供必要周转金，家庭经常必须作出牺牲。城市开发项目一般包括清理原有设施而带来的社会损失。城市开发的发起人可能在有关农用地上遇到阻挠并为此而感到头疼。这些开发项目有时也意味着费用不能保证，从而导致经营损失或经营失败。这些损失或失败所带来的社会成本和浪费是巨大的，特别是当用光了储蓄并危及鲁莽投资者的安全时，更是如此。

社会不经济和外部负经济效果问题，发生在公共项目或私人项目对他人有不利的效果的时候。土地清理可能破坏自然生态，并殃及自然风光及其他有价值的东西；一个炼钢厂可能污染城市的空气；一个工厂可能将未经处理的废物倾人附近的溪流中，从而毁坏了

溪流的许多使用价值。在上述每种情况下,成本都由经营者转嫁到社会其他成员身上去。从前,这些成本经常不为人们所认识,或被视为发展中的必然代价。现在,由于人们重视环境问题,识别这些负经济效果、使它们的发生达到最小限度,以及将处理这些环境问题的成本和责任与造成污染的有关单位密切联系起来,等等,已经成为资源经济学和环境经济学的关键问题。

三、自然资源开发的时间成本

自然资源开发总要花一定的时间,在完成改良和开发并能够用于生产或消费之前,一般要花费几年时间。在这段时期内,资源开发者往往会发现投资被束缚在那些目前还不能带来经济收益的资产上;还可能发现必须按预期的资源开发后普遍存在的市场条件,来评价目前的方案和经营措施。这个过程,始终包含着风险和投机因子,有时还会使开发的财产能卖掉或转向经济使用所需的时间延长。在这种情况下,由于持有资源开发项目带来的成本可以视为"时间成本",它包括密切关联的两类成本:即等候成本和促熟成本。

1. 等候成本

等候成本可定义为从经营者第一次投入资本和劳动力,到投资收回再用于下一次实际经营这段时间内,由于等候而产生的成本。等候成本主要有两类,即投资的利息和在开发及正常销售阶段内所必须交纳的税金。

等候成本的两个主要项目中,财产税是开发者不能逃避的开支。在经营者必须持有土地的整个时期还要支付总资本投资的利息,通常这项开支的大部分是开发者运用借贷资本时所支付的利息,而他利用自有资本时则偿付了机会成本。

大多数资源开发和建筑工程中都可以找到典型的等候成本例了。建房的人往往发现在房子落成以前几个星期或几个月内,他们必须对土地和建房投资支付利息,常常还交纳税金。这种等候成本与那些垦殖农场、开辟果园、钻探油井和建设一个商业中心所需的等候成本只有一个差别,即发生时间长短的差别。即使免税的公共设施如学校和垦殖项目,也有等候成本,这时,同私人开发项目一样,也要支付利息,计息从建设基金使用开始,一直到工程竣工投入使用为止。

应该指出,等候成本决不局限于资源开发的情况。商人在仓库里存货,总要投入部分资本,只要这样做并不影响他的资金周转。同样,农民春天买入种子、肥料、机械,直到秋天卖出收获物以前都要支付这些成本及其他生产成本的利息。造林工程又是一个很好的等候成本例子。这里,往往在小树长成材以前50年或更长一段时间内付息和纳税。

2. 促熟成本

与等候成本既密切关联,有时在概念上又相互交叉的另外一种时间成本是促熟成本。促熟成本是指在将资源从较低用途向较高用途转化的促熟过程中,由于财产持有所增加的成本。只要估税员将采伐迹地视为同耕地一样的财产价值,将耕地视为同住宅用地一样的财产价值,或者将住宅用地视为同工业和商业用地一样的财产价值,就会产生促熟成本。上述这些例子中,在上地真正转作较高用途以前,这个阶段内所交纳财产税的增额可

以视为一种促熟成本。

促熟成本往往与地租或土地价值的提高联系在一起。例如,在城市向外扩展和毗邻土地用于住宅开发而使土地显示出有较高层次用途的价值时,耕地就会作为潜在的住宅用地而征税。在这种情况下,以较高赋税形式出现的促熟成本,可以作为一种杠杆,用来促进土地投机者出售和开发土地,促进闲置土地的开发,以及促进城市和郊区或邻近的农村用地的再开发。

促熟成本这一概念,不仅包括与资源转向或可能转向较高层次用途相联系的税收增额,而且有时还包括对待开发的财产的潜在用途期望过高所引致的成本。例如,一个土地开发者开始可能认为在3年之内他可将其所有的地段出售掉,但实际上是他持有该财产的时间达5年之久,从而在后两年内要追加占有费用(利息和税金),它们构成了促熟成本。促熟成本的产生是由于开发者们过早开发,也由于在项目以其要价出售以前有必要进一步促熟。

当新开发项目如公寓或办公楼,超过了市场可以立即容纳的能力以后,也可能出现促熟成本。在使这些项目达到正常利用率水平所需的时间内所产生的促熟成本,有时是由于判断的错误,有时是由于对所进行项目的潜在市场过于乐观了。促熟成本也可能来自大规模开发项目的生产经营问题,或者由于一些经营者乐意将项目扩大,以期未来可以获得更多利润。

土地开发历史为我们提供了不少未达到预期开发目的的例子。土地投机者往往购买边远地区土地,期望在发展中的边远地区使人们更乐意定居以后,立即出售土地以获得利润。于是,土地公司对潜在耕地进行清理和排灌;土地开发者们也制订了粗略的土地规划方案;建筑者们则投机建起了房屋,总是期望靠尽快出售以获利。一般地,这些投资最终都会使投资者满意,然而,有时预期需求并未按预定时间实现,这时就不得不将财产推迟出售。

由于土地开发项目和持有财产必须持有的时间所引致的促熟成本,往往会转嫁到买者头上去,特别是当市场价格很高和需求很旺时更是如此。然而,当投资者发现自己受价格暴跌的冲击时,真正的问题就产生了。在这种情况下,一些投资者可能觉得等待经济萧条趋势过去是不可能的。而另外一些人,特别是那些用借贷经营的投资者,觉得他们的财产价值为日益上升的促熟成本所严重地降低或蚀掉。这时他们经常的选择是:要么削价出售,要么宣布倒闭,要么宣布无偿还债务能力,要么归还税款。这种情形的典型例子,在每个萧条时期都可见到。

对于许多投资者来说,不幸的是过去许多很有吸引力的土地资源开发项目,所依据的财产价值概念和土地资源观念都是不正确的。这种开发项目往往是时机尚不成熟的,它们一旦受到残酷现实的考验就往往显得"果子未成熟就不得不摘掉",以致不能完成整个正常的成熟过程。这些项目或者停滞或者出现故障,不再发展为更高层次用途。它们已不能具有较高增值能力和获得较高的利润,这些项目可能闲置起来、遭到冷落,或者干脆废弃。这些开发项目往往导致债务问题和地权问题以及相当大的社会浪费。巨额促熟成本使得这些项目注定要失败。上述例子说明了这样一个事实,即要使自然资源转向较高层次的用途,不能有过高的期望和高额税收。

四、自然资源开发的替代成本与机会成本

世界上大部分资源都有多种用途,某种用途在长期内很少变化。然而,在有些地方,自然资源却经历了一个利用更替的过程。在这些地方,价值的变化和用途变化往往使新的资源开发项目在经济上更令人满意,尽管这种新开发项目需要注销业已投入这些资源上的改良投资。这个过程所产生的成本叫做替代成本。

城市土地中住宅用地成熟后转作商业用地,是产生替代成本的典型例子。在这种情形下,财产所有者可以将其土地再开发用于更高层次的较好用途。例如,一个拥有一座每月地租收入 15 000 元、总价值 150 万元房子的房主,可能觉得自己可以建起一座值 2 000 万元的零售商店或办公楼,这样可以使其净租金收入增长数倍。如果地皮是空闲着的,他行动的路线丝毫没有问题。但他现在有价值 150 万元的房子占着地皮,他可以在新时机进行投资之前,迁走或者推倒现有的房子,这就要报废或注销现有投资。

因此,替代成本问题可归结为所有者的一个决策问题,即为了抓住机会进行投资以使未来收入更高,他是否乐意放弃其全部或部分现有改良投资。如果他决定转向较高层次的用途,就必须注销现有价值的大部分,然后才能在原地皮上进行再开发。另一方面,如果他未能转向有希望的较高层次用途,他还要接受一种机会成本,它等于他现有净收入与地皮再开发后他可获得的净收入之差额。

为了说明替代成本这一概念,还可以列举出许许多多例子。一个果农可能觉得自己转向奶牛业可以挣更多的钱,但是他自然地又在转向新的冒险事业之前犹豫不定,因为这个转变需要将他现在赖以为生的成熟果园毁掉,同时购买奶牛群并兴建必须的牛场建筑物也需要花钱。工人因为害怕失去原来的资历和退休金享受权而拒绝到收入更高的职位去工作,也是由于有替代成本。当一个实业家希望提高自己未来竞争能力和收入状态,而修改或重建新的经营模式时,他要对该不该关闭营业而报废一部分现有财产作出决策,从而也出现了替代成本。在其他情况下,如公共机构和私人机构为找到适宜的地皮进行新的住房开发要花费数百万元,用来购买萧条街区的财产和重新安置迁徙之家,这时也会产生巨额替代成本。

可获得较高收入的可能性,使得大多数资源经营者既乐意又急切地把资源转向更高层次用途。但是,由于人们的预测能力有限,财力不足,和对尚有一定挣钱能力但已正在报废的建筑及改良设施恋恋不舍,这种用途变化往往受阻。但是,经营者只要已经确信再开发可以带来更高的收入,并且有足够的财力承担所期待的用途变化,那么就会乐意将资源转向新用途。当新机会挣钱能力时间长短不确定,或者缺乏充裕财力的时候,他们往往会继续其现有利用模式。

那些不乐意或不能够承担整个再开发规划的资源所有者,往往制订出若干个单项折中方案。一般地说,这种做法在力求使实际替代成本最小的同时,要使经营失掉部分潜在的更高挣钱能力。这方面熟悉的例子,如将住房转作商店、饭馆和办公楼;在住房前院建成某种商业建筑;又如商人虽然改建了商店但照旧营业。虽然这种权宜之计的结局往往不像完整再开发项目那样令人满意,但也确实使替代成本减小了。

第三节　自然资源开发的成本-效益分析

对一个经济决策估计其短期和长期的成本(损失)和效益(获得),并加以比较,称为成本-效益分析。如果估计的效益超过估计的成本,那么生产或购买某种经济财货,或者提供某种公共财货的决策就被认为是值得作出的。

一、成本-效益分析的作用

事实上人人都在其决定买一特定经济财货和服务时凭直觉作出此类评价。在评价是否建设一个大型水电工程,是否治理一条已污染的河流,是否将空气污染的排放减少到一个最适水平上时,经常要运用更为正式的成本-效益分析。成本-效益分析广泛地在政府部门使用,常见的案例有:水电设施、交通工程、环境工程、教育卫生支出、公共福利设施、国防及空间计划等。

自然资源开发决策过程中最重要的事情,要数决策者所依据的数据资料收集和分析了,因为决策者要以此作为赞同还是拒绝开发建议的依据。开发者及其投资者一般根据效益超过成本的假设进行工作,除非他是傻瓜。小型购置如此,大坝建筑工程这样大的开发项目也不例外。

计算成本-效益有各种各样的方法。消费者个人、私人经营者和公共机构在进行购买决策时,往往很少顾及成本-效益的精确计算,那些靠先前惯例便可证明正确的传统交易和购货则更是如此。只有在购买新东西或要花巨额款项时,如购置一辆小汽车或一幢房子的时候,他们才会仔细地对成本-效益进行分析,也才会注重购买决策是否正确。即使在这种情况下,买者也不一定考虑实际情况,他很可能过分轻信了对某种产品的索取要求,也很可能低估或忽视了自己可能的成本。但是,对期望效益和成本给予某种权衡,则购买决策就意味着买者方面的期望,即购买可为他带来的效益会大于成本。

比较综合复杂的项目评估方法,一般地用于公共或私人的土地资源和水源开发项目。在这些情况下,决策过程为公共投资准则和私人对收入最大化的渴望所引导。无论是私人经营者还是公共机构,资源都是有限的,都需要弄清楚是否每个项目具有收足以抵支的潜力,都乐意选择那些在既定开发条件下扣除成本可以带来最高净效益的项目设计。另外,如果可以随意将资本投到所选择的开发中去的话,个人和公共机构就可能用均等边际收益的原则作为分配资源和投资决策的指南。他们认为,各个私人或公共机构的自然资源开发项目,最后一个单位投入带来的边际经济效益或社会效益,至少应等于其他项目或方案投资所能获得的收入、满足或效益。

成本-效益分析为我们提供了一个可用来评估自然资源开发项目经济前景的重要方法。成本-效益分析方法可广泛地用于自然资源开发和社会投资方案决策中去。它可以用来评定或排列各种可比选择项目的优先顺序,但是一般地,只用来确定一个项目方案是否经济可行,即是否可以在扣除成本之后带来净效益。政府已经认识到将类似的费用-效益分析方法用于比较备选的公共项目和规划生产潜力的巨大可能性。

二、成本-效益分析的基本原理

1. 成本-效益的比较

成本-效益分析的基本原理是对经济决策将会需要的社会成本(直接的和间接的)同可得到的收益(直接的和间接的),尽可能用同一计量单位(货币)分别进行计算,以便从量上进行分析对比,权衡得失。为此,必须确定两大类指标体系:所耗费的成本和所获得的效益。成本是全部投入的资源和社会付出的代价,包括直接成本、附加成本、派生成本等。效益是指全部产出的利润和社会得到的益处,包括基本效益、派生效益、无形效益等。派生成本和无形效益都是难以用货币计算的。

在进行多方案比较时,一般采用三种方法:

① 在成本相同的情况下,比较效益的大小;

② 在效益相同的情况下,比较成本的大小;

③ 在成本和效益都不相同的情况下,以成本与效益的比率和变化关系来确定。

成本-效益分析是"为在生产满足人们所需产品和劳务的过程中,有效地利用所需经济资源如土地、劳动、原料而提供指南"。它表明"经济资源是否比没有该项目时利用得更有效"。成本-效益分析强调资源利用的经济效率,但它不是惟一的赞成或反对自然资源开发项目的依据,国防、外交政策和其他方面的理由也起着决定性的作用。但是到目前为止,经济上的考虑仍是首要的,成本-效益分析方法指明了在资源开发中最有效地利用社会资金的途经。成本-效益分析方法的使用有以下的前提:

① 只有在对某项目的产品存在着需求的情况下,项目才有经济价值;

② 每个项目都必须在使净效益最大的规模上实施;

③ 每个项目或项目的各个独立部分,都必须以与项目总目标相符的最小可能成本来实施;

④ 每个项目的开发优先顺序应按其经济合理程度排列。

2. 效益和成本的内容

在进行成本-效益分析之前,有必要明确一下"效益"和"成本"这两个术语的含义。按现实中流行的方法,需要识别三种效益和三种成本。

基本效益定义为项目和服务的直接价值,如由项目带来的农作物、电力、矿产品和由项目带来的其他直接收益的价值。这里主要指可用货币衡量的有形物质效益。无形效益可定义为"虽然在满足人们需要和欲望方面被认为有实际价值、但不全是用货币衡量或在正式分析中不能用货币单位表示的效益",例如娱乐机会的提供、防洪和国防等等。派生效益指由某个项目实施所"引起"或"导致"的附加价值。例如由项目带来的面包价值超过小麦价值的部分。在某些场合,这种效益还包括由某个项目"引致"经济增长带来的效益。然而,只有在项目实施使得比没有该项目时增加了净收入的时候,才能说产生了派生效益。

直接成本包括用于建设、维持和运营这些项目的全部土地、劳动和材料的价值,以及由项目所导致的负效应。附加成本是指为使项目的产品或服务都能够为人们所利用或销售出去而必须追加的物品和服务的价值。对于一项处女地灌溉工程来说,除了灌溉费用

或项目成本以外，农民所有作物生产成本都应视为附加成本。

派生成本指除项目成本和附加成本以外，由于项目引起的所有物品或劳务的价值。它包括所有加工中间产品或服务的成本。正如加工中间产品或服务而增加的价值叫做派生效益(如面包价值超过小麦价值的部分)一样，运输、贮藏小麦和把小麦磨成面粉、烤成面包并将面包送到顾客手中去所需的成本，就应看作是派生成本。

一旦成本和效益计算出来，扣除项目成本和附加成本的基本效益剩余称为净基本效益；扣除派生成本之后的派生效益剩余，叫做净派生效益。这两种效益和成本一起用来确定成本-效益比率。

3. 效益和成本的估算方法

如果要使成本-效益分析有实际意义，就必须找到尽可能精确和实用的成本-效益估算方法；必须采用一致的价格水平、利率、风险折扣和考虑同样影响因子。有人建议，按成本和效益发生时的期望价格来计算成本和效益。如果项目即将开始，那项目成本往往按现有价格计算。效益估计和对未来经营、维持更新等成本的估计，往往要假设一个未来价格水平。这种估计应保守一些。有些机构将长期价格和农产品产量预测作为估算的标准指南。

由于项目评估关心的是整个项目执行时期的效益和成本，因此，应该注意到这些效益和成本有不同的具体形式、发生在不同时刻、经历不同时期。为分析目的，应将拟议中的项目效益和成本折为现值。这需要确定合适的贴现率和风险折扣，需要确定每个项目的预期经济寿命和期末预期残值。其他估计问题包括无形和有形价值的处理、经济活动水平的调整、受影响公共设施的成本计算，以及土地的获得和改良费用、税收、替代掉的设施、有效生命期和所造成的损失计算，等等。

利率和贴现率在项目评价过程中，用来把所有未来效益和成本估计折现成可对比的现值，这种利率年际间波动不定。

有些项目风险可以预测，并且能由保险费和适当的费用予以补偿。有些项目由于不确定性的形式，不能以保险统计为依据来预测。为了对付这个问题，有人建议从净效益现值或年平均值中扣除可预测风险，或把风险加到成本现值或年平均值上去。对效益增长中的不确定或不可预测风险，应间接地通过采用保守的净效益估计、在计划中留有安全边际(余地)，或在贴现率中包括进风险因子来予以消除。

不同的项目预期经济寿命有很大的差别。为了便于进行成本-效益分析，将经济分析限制在项目预期寿命之内，或100年之内，不论实际上有多短，这样做都是合理的。扣除项目预期残值之后的所有成本都要在这个时间内分摊。

4. 项目的形成

确定预期效益和成本只是自然资源开发决策问题的一个方面。另外，还要注意项目形成的其他三个方面：①论证项目的必要性；②确定拟议开发的最佳规模、比例；③指出开发项目的最经济有效的手段。

形成项目过程的第一步应论证拟议中项目的产品和劳务需求或项目的必要性。除非真有必要，否则就不要对该项目再论证下去了；如果确实有必要，就应该注意项目不同规模的预期效益和成本。这种信息是确定拟议开发项目最佳规模所必需的。

当项目在某个规模上可以比在其他任何规模水平上产生更大净效益的时候，该项目规模就是最佳的。最佳规模的确定可用图 15-4 中的两个图来说明。这两个图表示随项目规模增大而变化的效益与成本关系。点 B 表示效益/成本比率是最高的开发规模；点 C 表示扣除成本之后有最大剩余效益的规模水平。如图 15-4 所表明的，后者正是项目规模扩大所带来的边际效益等于边际成本时的规模，在这一点，边际效益与边际成本的比率为 1。点 A 和 D 表示总效益等于总成本的点，即效益/成本比率为 1 的点。

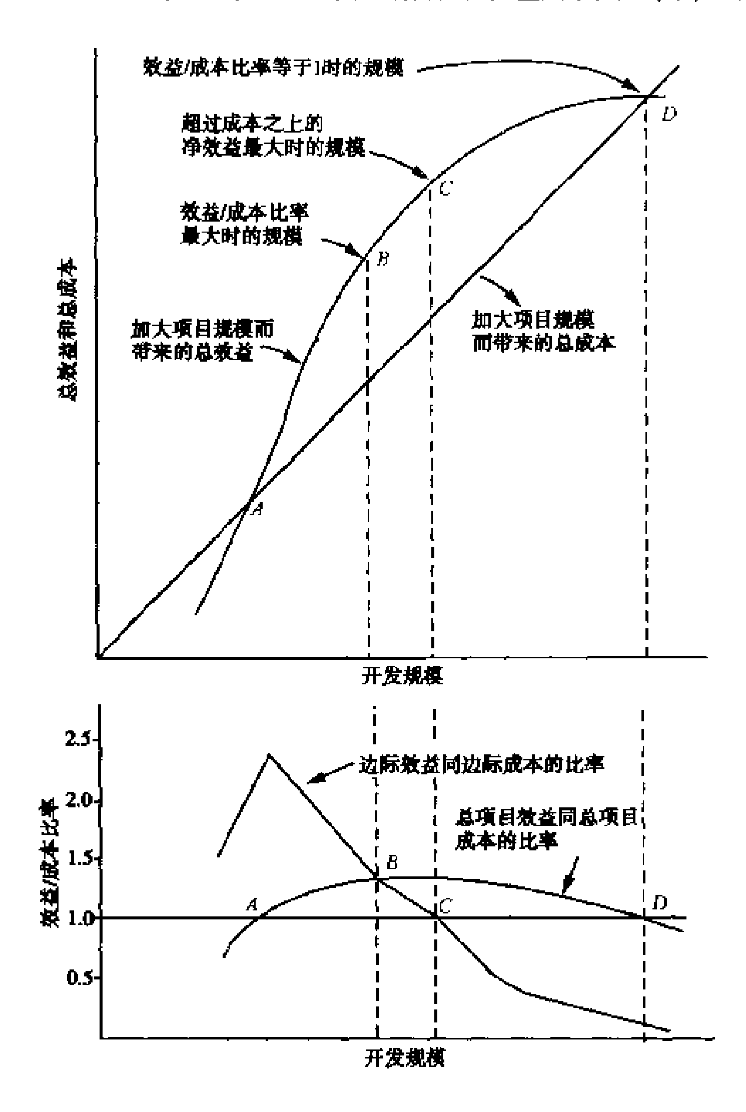


图 15-4 不同开发规模项目的效益与成本关系

在完全竞争条件下，一个项目的最佳规模往往是在 C 水平上，此时，规模扩大的最后一个增量所带来的效益增加，正好等于成本增加。在正常的投入产出关系下，只要假设资源是无限的，那么上述情形就会出现。如果更切实际地假设开发基金是有限的。那么最佳规模水平就取决于均等边际收益点在什么地方了。这时，该点介于 B、C 之间；在该点，所有经营项目的边际成本与效益关系都是平衡的。

实际上人们很少注重最佳规模的确定。有关规模的决策有时只对有限数量项目的比较，这些项目代表不同的规模。但是更多的是，决策主要对所设计的项目评估。人们很少

注意经济学上的考虑，除非他熟悉所涉及到的经济学概念。在任何情况下都很难完成整个决策制订程序，因为缺少确定增量关系所需要的充足且精确的数据。

一旦项目的规模确定下来，那么下一步就要确定项目及其各个部分是否可以使成本最低。如果项目目标或分项目子目标可以用其他成本更低的方法来达到，那么该项目的制订就不是成功的。

5．经济可行性的确定

一旦对效益和成本的数据收集分析完毕，并已把二者的估计值折成了现值，那就可以确定各项目的经济可行性。为了说明一个或多个备选项目的相对满意程度，可以采用四种不同的方法。

第一种方法，从每个项目的总效益中减去总成本(B－C)，并按扣除项目成本之后的效益余额大小，将各个项目依次排列。这种方法测定的是净经济效益或净收益，但不适合衡量各个项目引致成本的对比情况。该方法不能用作成本与效益关系的测定，因为它把效益 100 万元、成本 99.9 万元的项目，等同于效益 1 万元、成本 0.9 万元的项目。

第二种方法是计算期望总成本的净收益率(B－C)/C 方法。用这种方法，从总效益中减去总成本，余额再为总成本除，即得到一个净收益百分比。这种方法可用来计算项目总成本的收益率。

同样，第三种方法是，用期望成本的现值去除期望总效益的现值，得到一个效益成本比率(B/C)。一个有利的比率(大于 1.0)表明，在保证带来净收益的意义上说，该项目是经济可行的。这种方法在效益成本分析中经常应用。

第四种方法，是将项目的建设投资成本与该项目生产性利用时支出的经营和维修成本区分开来。用这种方法，从年均期望效益现值中减去年均期望经营成本现值，余额用年均项目投资成本现值去除，即得到项目投资成本的收益率(B－OC/C)。这种方法在比较资源投资效率方面比起简单的效益/成本比率法是一种更好和更实用的计算方法。但是，这种方法也有其不足之处，当建设基金有限时，以及当经营维持成本被看作是次要的时候，对于确定项目相对满意程度的有用性就有限了。

正如表 15-1 中的例子所表明的，B/C 比率和(B－OC)/C 投资收益率两种方法，在确定各选择项目的优先顺序时，产生了两种矛盾的结果。项目 A 的效益/成本比率最高(1.6)，而投资成本的收益率却最低(175％)，项目 D 的效益/成本比率最低(1.3)，但投资成本的收益率却最高(225％)。

表 15-1　四种可选项目的收益率和效益成本比率

	可选项目 A	可选项目 B	可选项目 C	可选项目 D
年效益价值(百万元)	20	24	42	65
年运用成本(百万元)	2.5	6	18	38
年均总投资成本分摊(百万元)	10	10	12	12
效益减去成本(B－C)(百万元)	7.5	8	12	15
(B－C)/C	60％	50％	40％	30％
效益/成本比率(B/C)	1.6	1.5	1.4	1.3
(B－OC)/C	175％	180％	200％	225％

三、对成本-效益分析的评价

对项目评估中使用的成本-效益方法,可以从正反两方面进行评价。一方面,为了指导社会和私人投资,确实有必要采用一些项目评估方法,成本-效益分析方法也确实为项目的合理性论证提供了一个合乎逻辑的有效手段,该方法中的效益/成本比率确实是很容易理解的。另外,成本-效益方法已采用多年了,并且在运用过程中也得到了不少改进。

对成本-效益分析方法的批评意见,则说它最多不过是一个局部分析方法;还说项目决策是一个政治问题而不是一个经济问题;又说在效益和成本计算中,所采用的数据往往不能满足结果分析的需要,因此把效益有时估低了,有时估高了。该批评还说,不同机构在项目评估时缺乏统一的标准,大的社会项目所采用的折旧率不切实际地过低了,另外也忽视了项目对自然环境和地区经济发展等方面的显著影响。

成本-效益分析应用于自然资源保护和环境改善时有一些问题。当前成本可能很容易估计,但是对将来的效益和成本作价却很难。因为将来是未知的,我们能做的也就是作出一些有理的猜测,其根据是各种关于自然资源未来价值的假设。使用不同的假设会得到非常不同的估计。这就是自然资源与环境保护者与企业家之间不一致的主要来源。企业家更重视近期的效益和价值,而自然资源保护者更强调将来的效益和价值。

很多企业家和经济学家还认为,通过技术进步带来的经济增长自动提高未来的平均生活标准,那么当代人为什么要为生活得更好的后代而付出更高的代价和税收呢? 成本-效益分析对未来的自然资源和环境保护有着一种固有的偏见,因为它给未来效益和成本的权重低于当前的效益和成本。而保护论者们对自然资源的未来价值却给予更多的重视,他们还确信:未来经济增长未必能提高平均生活水平,除非我们把这种增长重新导向减少其有害方面和增加其有益方面。

在实际生活当中,多是将成本-效益分析方法用作确定各个项目经济可行性的方法,把有利的效益/成本比率作为通过项目的条件。这种做法避免了不合理的项目,但还远远没有使投资收益最大化。只要各个项目在图 15-4 中 A、C 两点之间,那么该项目就会得到赞同。效益/成本比率有利的项目不一定是处于最佳规模,有时该项目可能还包括不能用边际产值表示的其他方面。

成本-效益分析法的另外一个问题是,效益和成本经常离异。以项目效益/成本比率是否有利作为是否对该项目进行投资的判断准则,在投资人同时也是受益人的时候还可能是完全正确的。但是,当不同集团卷入时,情况就复杂了,例如,拟议中小流域项目范围内的土地所有者,可能反对总效益/成本比率有利的项目;因为该项目的大多数效益要为下游居民所得,而他们却有可能承担大部分费用。当政府承担港口清理项目成本,而该项目主要对当地某些工业有好处时,也会产生同样的问题。这个问题也可以从地方集团对可能的"政治分肥"项目所持态度来看出另外一面,只要当地居民没有被要求承担项目的一部分成本,那么在他们看来,不论该项目的期望效益多少,都是令人满意的。原因很简单,政府是否对该项目投资,对他们的赋税没有多少影响。

如何决定谁获得收益,谁付出代价? 成本-效益分析往往不能包括受经济决策影响的全部集团。例如,设想对某一制造厂成本-效益分析的结论是:要达到一定安全标准和环

境标准的代价太高,因而应降下来,那么该公司的老板将受益,因为他不必为使工厂少危害环境和工人健康而多费钱了;消费者们也可能受益,因为该厂产品价格较低。但是工人们却会深受不安全的和有害健康的条件之害。

成本-效益分析的另一严重局限是,所评价的很多事情是不能折算成货币的。某些空气污染的代价,如损坏了多少庄稼、弄脏了多少衣服、使多少房屋不得不重新粉刷,都是很容易估价的;但对人们健康的损害、对大气和水体的污染、对美丽风景的破坏、对野生生物区的不利影响、对自然界自净能力的损害,都是难以用价格来评价的。如果真要估计这些价格,那么由于前提和价值判断的差别,所付出的价格也是极不相同的,这将导致极不相同的成本和效益。例如,美国环境保护局1984年曾对拟议中的"清洁空气法"修正案作了一次成本-效益分析,结论是其净效益(扣除预期成本后)为负14亿美元到正1 100亿美元,这取决于对人类的生命、人类的健康和更清洁的环境如何作价。

对人的生命的作价在各种成本-效益分析中都不一样,可以从零到700万美元,最常用的价格是20到50万美元。每个人都会认为自己的生命是无价之宝,但在成本-效益分析中这样作价是不可能的,甚至是不道德的。

批评成本-效益分析的人指出,由于对很多成本和效益的估价是如此不确定,所得结果很可能迎合某一工程或法案的反对者或拥护者,评估的专家必然是某些个人或机构雇佣或聘请的,常常要代表雇主的观点。

人们可能就机构内部或机构之间存在的成本-效益分析法的不一致性提出质问。对成本-效益评估方法的反复检验和重新评价,可使该方法更精确和标准化。但是,在确定无形社会效益和社会成本的适当权数的时候,以及在使不同机构所用的分析方法标准化的时候,还必须对该方法作进一步改进。方法的不一致性,使得价值不定的项目在一些人看来效益/成本比率是有利的,而在另一些人看来则不然。

成本-效益分析法的另一个有争议的问题是,用什么样的利率把未来成本和效益折成现值才合适。赞成社会投资的人们往往赞成采用低利率,比如采用政府长期债券利息率;而私人投资的支持者们,则往往力争采用商业贷款那样较高的利率。

成本-效益分析法为评估拟议项目的相对经济效益和可行性,提供了一个总的衡量标准。它可以作为衡量私人项目选择总满意度的、不全面的标准。多数项目都有很多目标,其中有些目标并不能完全用经济方法来评定,需要将拟议项目的评估框架扩大,以将项目评估与促进国民经济发展、提高环境质量、增加社会福利和促进地区开发的必要性联系起来。然而,即使采纳这些建议,在最后决定是否采纳各个项目计划时,对每个独立的评估内容在选定合适的权重时也会出现严重的问题。

到目前为止,成本-效益分析法的应用,一般多局限于单个计划项目经济可行性评价,在将其用于确定选择项目的开发优先顺序方面,还没有做多少工作。有人说它不是一种合适的方法,永远不会达到确定开发优先顺序的目的。撇开这一点不说,成本-效益分析方法确实很有必要用于其他类型的公共投资的经济可行性评定。方案评估方法,如在计划方案预算体系中所采用的方法,对于指导政府官员在可选择项目和方案中进行公共基金分配是必需的。

成本-效益分析的这些问题并不意味着这种方法无用。虽然它是粗略的估算,甚至有时会是有意歪曲的估算,但只要决策者和公众知道它只是根据一定的前提和假设对自然

资源利用和环境管理给出了大致的估价和指导，那么它还是有用的。但不要把它看成是准确的数字。

实际上在环境保护和自然资源管理中运用成本-效益分析已有一些成功的案例。目前发达国家的很多环境与自然资源保护法都以经济学家所作的成本-效益分析为依据。自然资源与环境保护者和经济学家已对如何改善成本-效益分析提出了一些建议：

- 要求所有的研究都使用统一的标准。
- 明确陈述所有前提和假设。
- 显示根据每一前提和假设而得出的全部不同的预期成本。
- 要估算对全部受影响人群的短期和长期效益与成本。
- 要评估所分析项目或法规的执行情况，而不是像往常那样假设所有项目和法规都能 100%有效地执行。
- 公开评价结果，让公众参与评价过程。

第十六章　自然资源保护

在自然资源开发利用的过程中，必须经常地在两类策略之间作出抉择，要么使短期收益最大，但很可能造成资源的耗竭或掠夺式利用；要么强调资源的保护，以达到资源长期持续利用的目的，但可能会牺牲近期的利益。哪条路线合理？为什么合理？社会在这样的选择过程中应起什么样的作用？诸如此类的问题触及了自然资源保护问题的要害。本章将讨论自然资源保护所牵涉的方方面面，但重点将放在自然资源保护的经济含义、影响保护决策的主要因素、保护的社会控制等方面。

第一节　自然资源保护的含义及其影响因素

一、自然资源保护的各种含义

“保护”可以有几种不同的定义，按字义解释，它有保持、保卫、保障或保证某物安全或完整的含义。自然资源保护同样是一个有多种含义的概念。持生态伦理的人把人类社会的伦理观念扩大到自然资源乃至整个自然界；环境论者认为人们必须保护自然资源和环境以备将来利用；技术工作者常常将保护等同于治理土壤侵蚀、栽植树木、驯养牧群时所采用的技术手段；而旅游管理者则把保护视为对景观、垂钓和狩猎条件等的改善；政治家们又往往将保护看作与选民利益密切关联的政治目标；宣传保护好处的游说者们则把保护比喻为美好生活的象征，比喻为达到“使最多的人获得最大的好处，并且永远如此”的灵丹妙药。

关于自然资源保护的种种观点，可归纳为以下三个层次的问题：

1．生态伦理层次

我们已在第九章中介绍了生态伦理学的基本观点，这里再把它对自然资源保护的论点作简单总结。生态伦理学认为，自然界中没有等级差别，在人与自然的关系中，人与其他物种乃至其他自然要素是平等的；就像人有其价值和权利一样，自然资源和自然环境也有其价值和权利；人的价值和权利应该得到保护，自然资源和自然环境的价值和权利同样应该得到保护。

2．可持续发展层次

按照可持续发展原则，自然资源保护是要给后代留下同等的利用机会和条件，在开发利用自然资源的同时强调保护，为的是持续地实现资源利用的经济效益、生态效益和社会效益。从这个意义上讲，自然资源保护的严格定义应该是：“保护地球上的资源以使潜力

和效率不降低，或是保持近似于自然状态下的条件，或只容许明智地耗用资源。”

3. 经济含义层次

上述为了未来利用而不触动自然资源的保护观念，并未被所有的人接受。确实，有许多保护主义者在强调为了未来利用而节约某些资源的必要性，甚至其中有些人可能过分地强调了这一点。然而，绝大多数人反对这种不利用的政策，虽然他们也赞成自然资源保护和节约，但只限于在保护政策与目前有效利用方案不矛盾的范围内进行。因此，在讨论保护时，重点多放在高效、合理、有序地利用资源，消除经济浪费和社会浪费，使社会净收益长期最大化等方面。

从经济和社会角度来看，“保护”可以定义为资源的长期明智利用。这种定义有两个缺点：空洞、易混淆。说它空洞，是因为对“明智利用”含义可以有多种理解；说它易混淆，是因为不同类型的资源有相当不同的保护措施。但须知，保护确实是针对社会和私人有关资源在目前和未来之间分配的决策而言，是针对提高某种资源未来可用量而采用的政策和行动而言。保护指的是“何时”利用资源。

在下面的讨论中，我们只是顺便谈及资源保护的伦理、道德、环境、生态、娱乐、政治和崇尚诸方面，而主要讨论与资源长期最佳利用有关的经济问题和社会问题。

在我们探索保护的经济含义时，有一点是很重要的，即要强调资源的长期明智或最佳利用目标，要强调保护的经济含义同资源有序的高效利用、消除浪费和使社会长期净收益最大化等概念之间的相互关系。上述问题将在这一章后面几个部分做较详细的论述。在转到这个论题以前，应该首先看看保护问题的两个重要方面：①为保护目的而进行的自然资源分类；②在保护决策过程中贴现率和复利率的作用。

二、针对保护目的的自然资源分类

尽管人们常常泛泛地谈到资源保护，但是，只有讨论特定资源或特定类型的资源保护才有意义。实际上，如果不将注意力集中在特定资源和特定类型的资源上，单是空谈保护措施是没有任何意义的。这是因为，一些类型的资源比另一些类型的资源有更长的使用寿命，或者较易更新，因此不同资源有相应的不同的保护目标。

为保护的目的对自然资源进行分类，多是依据资源的相对可更新性。用相对可更新性这个基本标准，我们可以将自然资源分为三大类：储存性资源，恒定性资源，性质介于二者之间的临界性资源。第三类资源又有多种：生物资源、土壤资源和人工改良设施（如建筑物、水库或公路）。

像金属矿物、化石燃料、石块、卵石和细砂以及泥炭，划为储存性资源。这些资源的自然供给总量是相对固定的、有限的和不可更新的。煤、石油、天然气和泥炭要经过相当长的时间才能更新，我们不能在利用它们的过程中奢望其自然供给总量有明显的增加。“储存性”资源可再分两亚类：①可耗尽的或利用后发生化学变化的资源，如煤等化石燃料；②消耗缓慢、经常可以回收再利用的资源，如金属和砂砾。

恒定性资源指的是源源不断、可以预测的那些资源，如降水、小溪和湖泊里的流水、阳光、风、潮汐和气候。这些资源流是恒定的，不管是利用它还是不利用它，都是如此。从

保护观点看，这些资源是可更新的。但是，这些资源在它们适用时候应该尽量利用；如果不予利用，它的当时价值就永远丧失了。恒定性资源有时可为人类捕获并储存起来以备将来利用。水可以存入地表水库或地下水库，而太阳能则可以储存于植物和某些化学物质中。当恒定性资源按此方法储存起来时，也就具备了某些储存性资源的特性。

生物资源包括作物、森林、牧场和草场植被、畜群、野生动植物、鱼类乃至人类本身。这些资源具有一定的流失特性，它们又可以经过一段时间后得到更新。与储存性资源和恒定性资源不同，生物资源的生产力可能由于人类活动或下降，或维持现有水平，或提高。

土地资源是储存性资源、恒定性资源和生物资源的综合体。一个农民可以利用或毁坏历经几个世纪才积累起来的肥力储备。他利用土地的方式也可以是只利用土壤植物根系、土壤溶液和有机物释放的，植物可以利用的各种土壤养分中的年肥力流；他也可以进行土壤改良（如种植豆科作物、施用粪肥、种植绿肥作物），强调植物根系和土壤微生物对提高土壤生产力的作用。土地不具备动植物的生命周期特性。除了泥炭可以看作储存性资源以外，在生产力可以经过一段时间人为降低、维持或提高的意义上讲，土地与生物资源没有什么两样。

人工改良设施指的是一类特殊的资源，其自然特性已经通过追加大量的资本和劳动投入而得到了改变。主要的例子有各种基础设施、房屋和其他建筑物、街区和街道以及多用途的大坝等。这些改良设施往往有一个预期经济寿命，从保护目的看，这些改良设施类似于土壤资源，其生产力在一定时期里会受滥用或毁坏等不利因素的影响。然而，通过采用良好的管理措施，适时而适量地进行维修和改良，这些设施的长期生产力是会提高的。

三、利率在自然资源保护决策过程中的作用

保护决策要求在资源的目前利用和将来利用之间作出审慎的抉择。在这个决策过程中，经营者必须权衡在既定计划期内持有资源所能带来的期望效益和成本。

计算效益时，经营者应考虑资源在其计划期末的价值和在该计划期内从资源中可望获得的地租流。成本计算则应包括资源现值和在计划期内可能要发生的所有经营成本、持有成本或资源改良成本。当资源的未来期望价值和效益大于现值和预期持有成本时，则毫无疑问要进行保护；而当预期效益低于预期成本时，保护是不经济和不实惠的。

当考虑利率因素时，这种将预期未来效益与其现值和预期成本进行对比的方法就变得复杂化了。财产所有者和投资者一般要求固定的投资收益率，或者说，他通常关心的是目前财产有较高价值或能有一定的收入，而不是在将来取得同样收入。

利率对保护决策有两个重要影响。经营者在制订计划时往往以未来预期净收益的贴现值为依据，自然也会计算在投资成本回收以前所必需的保护期内任何保护费用的复利。在这种计算中所采用的利率，对于保护决策具有关键性的影响。正如一位经济学者所指出的："保护的基本问题……是在我们利用自然资源过程中，确定适宜未来贴现率的问题。"

在完全竞争的条件下，私人经营者在将其未来期望值折现和对其费用支出计算复利时，一般采用目前现行金融市场的利率。因此，当现行市场利率为5%的时候，每个经营者都可以采用5%的折现率；如果市场利率变为4%或6%时，他们又会很快改成4%（对

于保护更为有利)或6%(对保护不利)的利率。大公司和政府部门也可以采用目前市场利率,但他们采用的利率往往要比单个经营者所用的低一些,从而对保护更为有利。

实际上,这种同一折现率和复利率的假设是不能成立的。诸如不完全竞争、缺乏全面的知识和预见力、制度环境不同、资本配置体制有差别,以及个人目标各异等等,一系列因素都会使保护决策中所采用的利率大不相同。有些经营者喜欢采用现行市场上的利率,并随时根据计算预期未来收入的相对确定性和不确定性作出调整。还有不少的经营者则采用高一些或低一些的利率。又有一些经营者则对采用多高的利率不予以特别的重视,他们的活动往往取决于根据预感和直觉确定的利率,其利率高低取决于经营者在当时的心理倾向,而远非根据自己预期效益和成本的详细计算来确定。

表16-1说明以不同利率折现1 000元未来收入的现值。从表中可以看出,折现率为

表16-1　按若干选择利率折现不同年份以后1 000元的未来收入现值(元)

折现利率	30年	40年	50年	80年
0%	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 000.00
1%	741.92	671.65	608.04	451.12
2%	552.07	452.89	371.53	205.11
3%	411.97	306.56	228.71	93.98
4%	308.32	208.29	140.71	43.34
5%	231.38	142.05	87.20	20.18
6%	174.11	97.22	54.29	9.45

零时,经营者现在获得该数额的收入,还是80年以后再获得,这都无所谓。但当折现率等于2%时,该经营者在80年以后1 000元收入的现值为205.11元;在折现率为6%时,该现值只为9.45元。可见,折现率越高,未来收入的现值越低。

图16-1从另外一方面说明不同复利率对计算目前保护投资累积的未来成本的影响。在利率为零时,人们只需考虑保护的实际成本。在年复利率为5%时,如果为了收回投资,他不得不将资源持有50年,那么,目前1 000元的投资届时就成了11 467元。

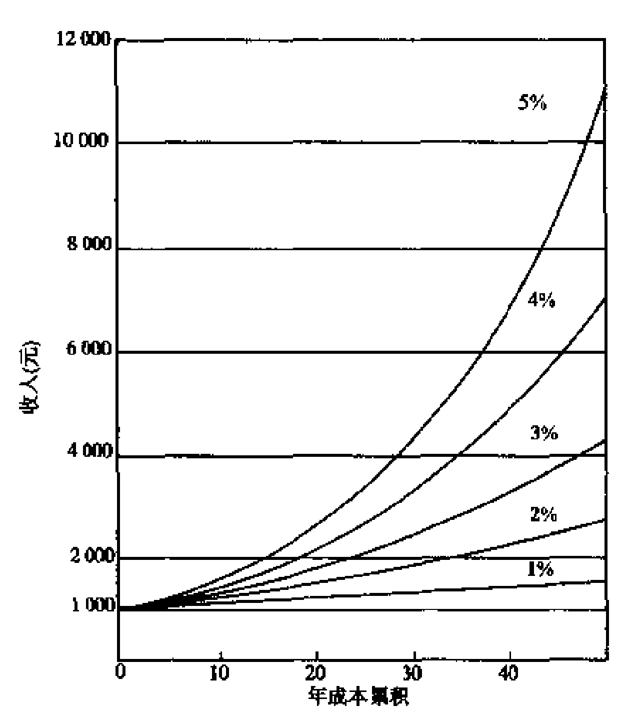


图16-1　目前1 000元投资成本在不同年限内按不同复利率计算的累积效用

经营者在保护核算中所采用的利率,一般地取决于两个重要因素:①经营者的时间偏好;②他对不确定性所做出的调整。两者中间,时间偏好往往更为重要,这是指经营者将其未来某个时期的某既定收入和满足,与目前就获得等量收入或满足相比时的相对权数。有些人根据"今朝有酒今朝醉"的哲理而特别强调目前的资源开发利用。另外一些人则走另一个极端,采用"守财奴"的策略,将其所有的收入和资源放置于—

边不用，而其总量超过了未来某个困难时期为维持生活的需要量。

实际上时间偏好因人而异、因时而异，变动于上述两个极端之间，它取决于经营者的机会选择，是否急需获得收入，是否想给自己的晚年或继承人留些什么东西，在什么程度上受保护主义哲学的影响，以及取决于在当时他是乐观的还是悲观的。每个经营者对长计划期和短计划期，可以采用不同的利率，例如，在折现预期未来收入时采用一个利率，而在计算目前保护费用支出的复利时又采用一个极不相同的利率。

第二节　自然资源的长期明智利用

一、自然资源长期明智利用的含义

既然从经济和社会角度来看"保护"可以定义为资源的长期明智利用，那么自然资源利用怎样才是长期明智的呢？对这个问题的回答因资源类型而异。

储存性资源的保护，要求将相对固定的供给量分散在较长时间内使用。此时，资源的长期明智利用是指：降低资源耗损或消费的速度，增加期末未利用的剩余资源量。

恒定性资源的情况则大不相同。除了像水这样一些资源可储藏起来之外，再也没有保证将这些资源派到未来用场的可行方法了。其妥善的保护工作，要求消除由于资源闲置而造成的经济损失和社会浪费现象，要求在现有条件下最经济有效地利用这些资源。

生物资源、土壤资源和人工资源的明智利用，是指在每个经营计划期都能带来尽可能最大的净收益，而同时又维持或者尽可能地提高资源的未来生产力。

当人们试图确定资源利用的最佳速度或时刻表的时候，每种类型资源都有不少重要问题需要解决。由于经营计划期长短不一，所选择的利率不同，对未来成本和收益的估计不同，因此情况就更复杂了。主要的问题需要在保护决策的两阶段特性中加以分析，这两个阶段是：①最初的选择，是现在开发资源还是把它留到将来再去开发；②下一步的决定是，确定资源开发利用的最佳速度，或制订出开发利用的时间表。

1. 现在开发还是将来利用

诸如对高效经济所得和社会所得的期望值，高的时间偏好率（包括高利率），乐意冒险，高的资源持有成本和未来供给、需求及价格状况的不确定性等一系列因素，往往使得资源开发利用提前进行。其他一些因素，如信息不灵通、资源所有者的懒惰、财力缺乏、替代成本、高额开发和加工成本、产品市场需求不足，或期望未来市场价格上升，期望技术进步使生产成本下降等等一系列因素，则有相反的影响，使得资源所有者推迟可能的开发工作。

恒定性资源往往被闲置而损失或浪费，而储存性资源往往受到保护和节约使用。资源所有者采用此类策略是由于他们的社会观，即渴望将一定的资源持有或保留到将来再用。又有一些资源所有者则将资源保留下来供自己未来经营时再用。还有一些人是投机商，他们持有资源是因为希望靠延迟资源开发而得到一个高得多的收益。其余的人则退缩了，因为他们不能确定自己拟议中的资源开发项目是否能使收支相抵。

2. 制订开发利用的时间表

当经营者确定继续其资源开发时,资源的长期明智利用决策的第二个阶段是必需的。这时,计划决策必须考虑资源利用的速度和时刻表。这些决策往往取决于经营者对未来的期望,即使这种期望可能基于的是经营者的预感或相当不确定的假设。当经营者明确了利率或预期成本、收益等假设前提以后,他们就可以进行资源长期最佳经济利用的决策了。这时,很自然地,资源的长期明智利用是指使经营者经济收益和满足最大化的决策及其实施。这个明智利用的基本原理,可以用包括各类资源的例子来加以说明。

二、恒定性资源的长期明智利用

那些在目前就设想成功而有效地利用恒定性资源的经营者,肯定急于尽早地实施其开发计划。这样的例子有:将海洋和河川用于商业性航运、发展水电设施和太阳能发电设施,利用风力推动风车,在沿海富有特殊气候吸引力的地方开发娱乐和旅游胜地,等等。

只要对产品或劳务有需求,只要提供这些产品或劳务的成本都可望降到它们的预期售价以下,那么该开发就是经济可行的。经营者推迟其资源开发,可能是由于某些原因,如将来新出现的需求可能使得大规模的开发项目更为适宜。然而,延迟开发要损失不延迟即可获得的地租和利润。

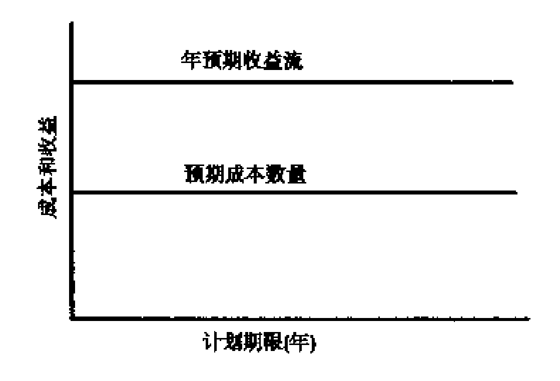


图 16-2 投资计划期内恒定性资源开发的年预期收益与年预期成本的关系

如图 16-2 所示的一个计划模式,可以用来说明这些决策的关键所在。只要年预期收益流超过年预期成本流,那么,就应该提倡尽早开发恒定性资源;而此时,将一个有希望的开发项目推迟的做法,只能导致本可获得的净收益(地租和利润)的损失。总之,恒定性资源的保护和明智利用要求尽早地开发和利用资源。

三、储存性资源的长期明智利用

储存性资源则与恒定性资源有不同的明智利用原理。例如,一个希望利用油矿、煤或铁矿储量的经营者,必须认识到资源的固定性和不可替代性。他往往既不知道资源的准确储量,也不具备开采和利用其全部储存性资源的技术力量。但有一点他是清楚的,一旦资源从自己的土地上拿走,那就永远不会复归,供给也就不会得到弥补了。

一旦经营者决定进行一项开发,他就可能希望一次就可以把自己的全部储存性资源开采出来并销售出去。当然,这是不可能的事情。钻井和开采工作需要安装设备,运输资源需要时间。提早开发资源的计划,需要钻井,需要其他经济可行性尚不明确的高额投资成本。若经营者想使其预期未来收益的现值最大的话,他就必须做两个计划,一是开采经营最佳规模计划,一是开采经营的最佳时刻表安排计划。

开采经营最佳时间安排的问题，绝大多数集中在最佳规模的选择上。经营者在确定其最佳开采规模时，应寻求一个保证能够有利可图地得到最多储存性资源的规模，和可以使资源开采在最佳时期进行的规模。在图16-3中，列出了旨在最大限度开采一个典型储存性资源矿藏的开采规模之选择范围。如果经营者拥有一个油矿或一座矿井，他可能只钻一口油井或只挖一个矿井，并计划在一个相当长时期内充分利用这些设施而获利；他可能觉得增加一眼或多眼油井或矿井，有利于采收用一口油井或一眼矿井不能有效地开采的那部分资源储量。然而，用油井或矿井数量说明的最佳规模很快就会达到。超过该规模再增加的油井或矿井，对资源采收即使有作用也是微乎其微的。超过该最佳规模的油井、矿井和其他开采单位的增加，即使加快资源总的采收率，各单位投入的产出量也会越来越少，净收益也会越来越低。

从保护角度来看，经营者应该寻求储存性资源经济采收率最高和储存性资源浪费最小的开发规模水平。在实际工作中，经营者在向这个目标努力时往往受到矿藏储量和性质尚不明确情况的限制。最佳规模决策还受这样一些因素的影响，如政府限定油井井距的规定，对既定来源的石油或矿石开采的相对控制或不加控制，以及经营者筹集所需设施、装备和招聘人员的能力等。

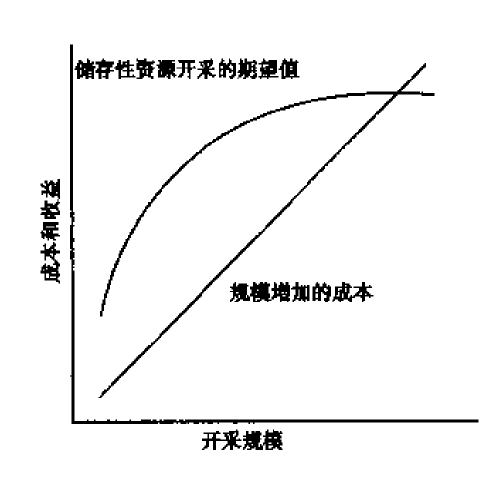


图16-3　与储存性资源开采的经营规模有关的期望价值与成本之间的关系

开发规模的选择往往决定着经营者资源开采的时间安排，从这个意义上讲，开发规模的选择也影响着资源保护。那些拥有较多油井、矿井或其他采矿设备的经营者，可以比拥有较少开采单位的经营者以少得多的时间来开采同样储量的储存性资源。经营者通过快速开采可以提早将资源在市场上售出。但是，加速开采需要较多的投资和较高的开采成本。为了使预期未来净收益的现值最大，经营者必须选择一个可以使开采时间安排最为合理的规模水平。

开采储存性资源储量最佳时间安排的基本原理，可以用一个拥有大量储量的储存性资源，如砂砾、石灰石或矿石的经营者例子来说明(表16-2)。在此例中，资源储量为300万t，平均每吨开采成本为4元。开采经营可由包括爆破、开采、装料、运载四个环节的开采单位来完成。每个开采单位每天可以开采100t或每年30 000t。各个开采单位的初始投资成本均为250 000元，估计有20年的经济寿命，且若使用年限缩短的话，残值也是有限的。另外，开采成本还包括总额为200 000元的办公楼和办公设备的一般管理投资费用。

在这些假设条件下，经营者可以在一系列的开采速度和开采规模之间进行选择。他可以采用一个爆破、开采、装料、运载开采单位，完成300万t的开采量需要100年；也可以采用五个这样的开采单位，开采20年；或10个开采单位开采10年，20个开采单位开采5年，50个开采单位开采2年。在表16-2中列出了不同开采规模和不同计划期的预期

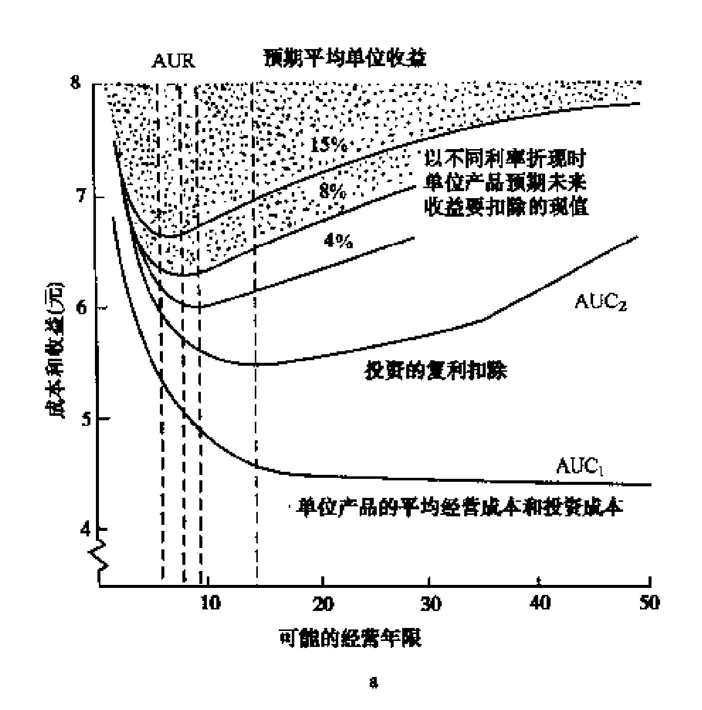
表 16-2 储量已知时，开采一种储存性资源最佳时间安排计划模式举例说明

爆破-开采-装车-运载经营单位个数	计划期（开采所进行的年数）	总生产成本和平均单位生产成本							
		总经营成本（假设吨均成本为4元）（百万元）	建筑物和设备的投资（百万元）	设备残值的扣除（千元）	总成本（未扣除投资利息）（百万元）	吨均成本（未扣除投资利息）	以6%的复利率对投资进行利息计算的支出（百万元）	总成本（扣除投资复利以后）（百万元）	吨均成本（扣除投资复利以后）（元）
1+4	100.0	12.0	1.45	–	13.450	4.483	70.419	83.869	27.956
2+3	50.0	12.0	1.45	–	13.450	4.483	6.243	19.693	6.564
3+2	33.3	12.0	1.45	–	13.450	4.483	3.954	17.404	5.801
4+1	25.0	12.0	1.45	–	13.450	4.483	3.417	16.867	5.622
5	20.0	12.0	1.45	–	13.450	4.483	3.200	16.640	5.550
6	16.7	12.0	1.70	–	13.700	4.567	2.791	16.491	5.497
7	14.3	12.0	1.95	–	13.950	4.650	2.529	16.479	5.493
8	12.5	12.0	2.20	–	14.200	4.733	2.360	16.560	5.520
9	11.1	12.0	2.45	–	14.450	4.817	2.232	16.682	5.561
10	10.0	12.0	2.70	125.0	14.575	4.858	2.132	16.710	5.570
11	9.1	12.0	2.95	275.0	14.675	4.892	2.061	16.736	5.579
12	8.3	12.0	3.20	333.3	14.867	4.956	2.002	16.869	5.623
13	7.7	12.0	3.45	406.3	15.044	5.015	1.953	16.997	5.666
14	7.1	12.0	3.70	437.5	15.263	5.088	1.911	17.174	5.725
15	6.7	12.0	3.95	535.7	15.414	5.138	1.877	17.292	5.746
16	6.3	12.0	4.20	571.4	15.629	5.219	1.847	17.476	5.825
17	5.9	12.0	4.45	708.3	15.742	5.247	1.820	17.562	5.854
20	5.0	12.0	5.20	833.3	16.367	5.456	1.759	18.125	6.042
25	4.0	12.0	6.45	1 250.0	17.200	5.733	1.693	18.893	6.298
34	3.0	12.0	8.70	2 125.0	18.575	6.492	1.662	20.237	6.746
50	2.0	12.0	12.70	4 166.7	20.533	6.814	1.570	22.103	7.368

爆破-开采-装车-运载经营单位的个数	计划期（开采所进行的年数）	期望净收益的折现值计算									
		假设市场价格同一，为8元/吨					假设价格随供给增加而下降				
		吨均期望收益（元）	吨均期望净收益（元）	期望净收益折现值（元），贴现率为			吨均期望收益（元）	吨均期望净收益（元）	期望净收益折现值（元） 贴现率为		
				4%	8%	15%			4%	8%	15%
1+4	100.0	8.00	–				10.000	–			
2+3	50.0	8.00	1.436	0.617	0.351	0.191	9.667	3.103	1.333	0.759	0.413
3+2	33.3	8.00	2.199	1.203	0.761	0.436	9.377	3.576	1.957	1.238	0.709
4+1	25.0	8.00	2.378	1.486	1.051	0.614	9.096	3.474	2.171	1.483	0.898
5	20.0	8.00	2.450	1.665	1.203	0.767	8.823	3.273	2.224	1.607	1.054
6	16.7	8.00	2.503	1.802	1.357	0.904	8.558	3.061	2.204	1.660	1.105
7	14.3	8.00	2.507	1.882	1.463	1.011	8.301	2.808	2.108	1.636	1.133
8	12.5	8.00	2.480	1.921	1.533	1.093	8.052	2.532	1.961	1.565	1.116
9	11.1	8.00	2.439	1.939	1.576	1.154	7.810	2.249	1.788	1.455	1.064
10	10.0	8.00	2.430	1.971	1.631	1.220	7.576	2.006	1.627	1.346	1.007
11	9.1	8.00	2.421	1.997	1.676	1.278	7.349	1.770	1.460	1.225	0.934
12	8.3	8.00	2.377	1.976	1.689	1.309	7.129	1.506	1.252	1.070	0.830
13	7.7	8.00	2.334	1.974	1.696	1.334	6.915	1.249	1.058	0.908	0.714
14	7.1	8.00	2.275	1.958	1.685	1.342	6.780	0.983	0.846	0.728	0.580
15	6.7	8.00	2.236	1.937	1.684	1.350	6.507	0.743	0.643	0.560	0.451
16	6.3	8.00	2.175	1.892	1.663	1.353	6.312	0.487	0.424	0.372	0.303
17	5.9	8.00	2.146	1.866	1.659	1.363	6.123	0.269	0.234	0.208	0.171
20	5.0	8.00	1.958	1.743	1.564	1.313	5.607	–			
25	4.0	8.00	1.702	1.545	1.409	1.215	4.904	–			
34	3.0	8.00	1.254	1.160	1.077	0.954	3.632	–			
50	2.0	8.00	0.623	0.596	0.564	0.514	2.285	–			

本例中假设每吨开采费用为4元的储存性资源储量300万t。预付费用中包括200 000元的办公楼投资，每一爆破-开采-装车-运输作业单位需250 000元的设备投资。每一作业单元每年可处理30 000t矿石，经济寿命为20年，且若提前报废则残值甚微。残值的计算如下：第二年为原值的1/2，第三年为原值的1/3，此后递减。办公楼及办公设备不计残值。建筑物和设备投资以6%的复利扣除。在两个假设价格水平中，对每个可能的计划期计算预期净收益的现值。这两个价格为①每吨8元的同一价格，②价格因供给量增加而下降，若每年供给30 000t矿石，则每吨价格为10元；若每年增加30 000t的供给量，则价格下降3%。

成本。这些计算数据表明，当成本只包括投资费用回收额和变动经营费用时，经营者只要将开采期延长到20年以上，就会使吨均成本最低（图16-4中AUC_1）。然而，大多数经营者要计算投资的复利，原因很简单，如果借款经营，那收益至少应该能补偿投入资金；或者，收益应该补偿将该投资投到其他行业所能带来的收益。年利率为6%的利息扣除，使各计划期的吨均成本提高了（图16-4中AUC_2），这时，14.3年为吨均成本最低的开采计划期。



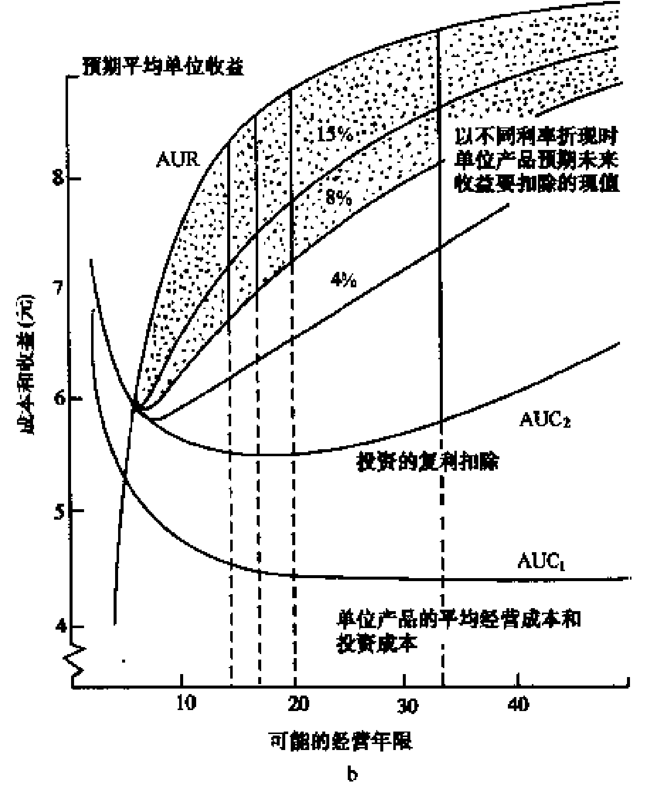


图16-4

利用假设预期平均收益率、平均成本和将不同经营时期内单位产品预期平均净收益折算成现值的计划模式，说明开采的最佳生产时期。a为产品价格不变时的情况；b为产品价格随供给量增加而下降的情况

表16-2中的经营者自然想使自己的净收益最大。这个目标决定着他的开采计划期和开采规模的选择，它们将使其未来净收益期望流的现值最大。利用表16-2中的成本假设并假设吨均收入是同样的（图16-4中的AUR），或假设每吨资源的市场价格为8元。这时，经营者就会发现，若采用7个开采单位，并将开采计划期定为14.3年，即可获得最高吨均净收益（2.507元），此时假设不对经营者未来预期净收益进行折现。如果经营者采用4%的利率折现，则该经营者的最佳计划年限缩短到9.1年，而经营单位变为11个；若采用8%的利率，则经营单位变为13个，年限为7.7年；若采用15%的利率，则经营单位为17个，计划期为5.9年（参见图16-4a）。

实际上，单位收益不变的假设可能是不切实际的。如果在一个较长时间内，而不是在一个较短时间内一点一点地出售资源的话，可望得到更高的市场价格。如果假设资源的市场价格从每吨10元开始变化，而每年仅出售3万t，则价格因

每增加 3 万吨出售而下降 3%(见表 16-2 和图 16-4b),从而经营者的最高单位净收益在 33.3 年的计划期内即可以达到;此时,若以 4%的利率折现,则上面的计划期缩短为 20 年;若利率为 8%,则计划期又缩短为 16.7 年;若利率为 15%,计划期则为 14.3 年。

表 16-2 中所列关于储存性资源储量和开采价值的信息,在实际中经营者很少能够全部得到。因而经营者一般采用较高的复利率和折现率,以此来补偿由于缺乏储量及其质量、资源开发难易程度以及有关预期成本和价格方面的信息而造成的经营风险和不确定性。但是,不管采用多大的利率,上述例子中所采用的原理仍然支配着储存性资源最佳开采时间的经济决策过程。正如上面的例子所表明,对投资计算复利和对未来期望收益折现,并以此来计算收益的现值,将使得开采计划期比不计算复利或折现时缩短了。经营者的时间偏好率越高,则他越会采用高复利和高折现率,从而导致开采时间的缩短。

像图 16-4 中所列的那些计划模式,可用以有效地指导经营者的决策。但是,这些计划模式比其依据的假设也精确不了多少。一旦可以得到新的或更好的计划数据,那就要对该模式做些调整了。经营者若要成功,必须时刻准备着适应多变的条件。如果市场价格提高了或者自己的开采成本降低了,那他就应当延长开采期,并试图开采一些在不利条件下可能是难以经济可行地开采的石油、煤或矿石。反之,如果市场价格下降了,或者开采成本上升了,那他就会觉得有必要削减乃至撤销其开采计划了。

四、生物资源的长期明智利用

生物资源的保护和明智利用要求采取使经营者长期净收益最大化,而同时又维持或提高资源未来生产力的管理措施。这些措施因资源不同而大不一样。有些人经营的是生长和成熟期只有几个月的粮食作物;另外一些人经营的则是生命周期达数月乃至数年的生物资源(如草、饲料作物、牲畜、鱼和野生动植物);还有一些人则致力于生命期长达几十年的人力资源和森林资源的管理。

有些经营者最为关心由蜜蜂、奶牛、役畜、果园和风景等资源所能得到的产品和服务;另外一些人则经营只能最终收获和利用的资源(如作物、森林、鱼类和育肥畜)。一些人采用全部收获既定面积上的生物资源(如大田作物和轮伐森林)经营方法;另外一些人则保持畜群和森林各种年龄的混杂状况,以便在幼畜存栏和幼林蓄积量继续增长的同时,有选择地出售部分牲畜或砍伐部分林木。

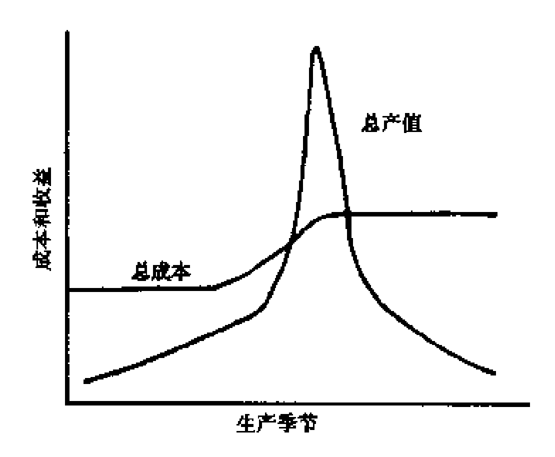


图 16-5 一种作物(如小麦)的典型总产值和总要素成本的关系

总之,关于农作物和家畜资源保护问题,每个经营者都可自由自在地扩大或缩小其经营规模。每个经营者都希望沿着最大收益这条道走;每个人要么自己种植和节省种子、繁殖种畜,要么购入种子或种畜。

生物资源保护问题讨论的重点是森林、草地、鱼群、野生动植物和自然风景等等这样一些生物资源的维护和改良。历史上这些资

源多为自由财货的时期，经营者往往将这些资源视为取之不尽用之不竭的资源，随时都能攫取到，无须顾及资源的更新换代和连续供给问题。现在，虽然情况已经变化了，但仍有一些经营者喜欢“打一枪换一个地方”式的经营方式，多数森林所有者、牧场主和渔场经营者就是因此而陷入了经营停滞的困境。现在他们认识到保证资源永续供给和增长的必要性了，他们当中大多数人很乐意削减森林采伐或者很乐意接受政府对森林采伐、放牧或捕捞作业的限制。

对于生物资源生产来说，一个主要的经济问题是收获的最佳时间安排问题。在某些生物资源的最佳收获时间安排上，经营者是没有多大选择余地的。例如，小麦必须成熟时收获。正如图 16-5 所示，在籽实成熟以前，小麦植株没有什么价值；而且小麦只能在很有限的时间内收割完；如果在这个时期内还不收割，大部分小麦经济价值就要丧失了。果树也必须在可以采摘的短暂时间内采摘，并在果品过熟以前就出售掉。

在确定育肥牲畜和森林的最佳收获时间时，经营者的选择余地较大。这些资源可早收，收获后贮存起来；也可晚收，以活物的形式贮存。因此，牧场主要么出售嫩牛肉，要么育肥；林场主要么把林木作圣诞树、木料和造纸用，要么作为立木储存起来。不论选择何种做法，经营者都会发现在产品达到生长极限以前或在产品变质以前收获，在经济上对自己是有利的。

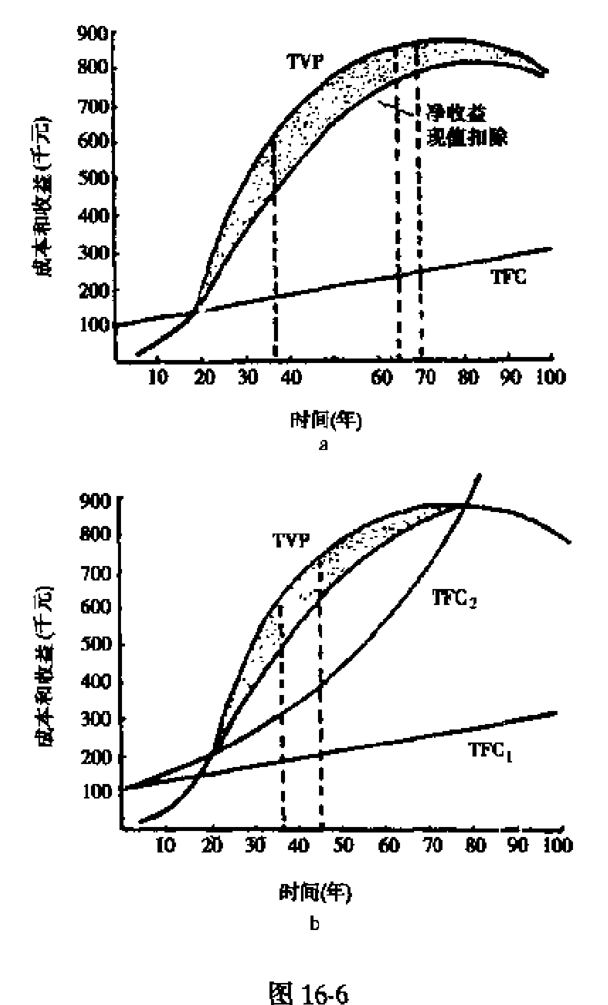


图 16-6

利用假设总增值率和总成本支出的计划模式，并对未来期望净收益折现，确定同龄森林的最佳采伐时间

正如图 16-6 中一个森林企业的例子所示，最佳时间的确定问题是一个经济数学问题。在该例中，假设经营者在一块近乎荒凉的土地上起家，他为获得这块地和植树，一开始就投入了 100 000 元；以后他每年的纳税和管理费用为 2 000 元。在前 20 年内该森林没有多少商业价值；此后，其商业价值飞速上升，一直到第 70 个年头时，达到了 855 000 元的最高经济价值。总产值的增长情况，如图 16-6 中的 *TVP* 曲线所示。

如果经营者只计算其最初投资以及每年纳税和管理费用的实际现金支付，那么他的成本支出情况就如总成本曲线 TFC 所示。于是他会发现，把森林经营期限制在 65 个年头就可使自己的净收益最大，也即使 TVP 和 TFC 曲线之间的差值最大。若决策时要对其未来期望收益折现，就需要将计算做些变化。当折现率为 3% 时，森林不同经营年限的净收益折现如图中阴影部分所示。折现率越低则现值越高，反之则越低。在折现率为 3% 时，

把森林计划经营期限制为37年,即可使净收益的现值最大。

在这个例子中,经营者很自然地会计算初始投资和年费用支出,复利每年都支付,一直到林木成材为止。图16-6b中的TFC_2曲线表示2%的复利率对整个经营期成本支出的影响。若计入复利而不对净收益折现的话,则最佳经营计划期应为45年。当折现率为3%时,净收益折现值如图16-6b中的阴影部分所示,最佳计划期缩短为36年。

在图16-6中所假设的情况下,可以提个问题,为什么具备其他更有希望的投资机会的时候,人们还在周期很长的林业生产中投资?道理很简单,没有几个实业家一开始就把资本投在荒野上,在那里植树和管树一直到采伐为止。大多数林业生产投资者的投资,主要是在成本和利率较低的时候投下的,而且木材的价值比早期所预期的增加。另外一些投资者则从娱乐享受、在大自然中工作和目睹土地进入生产的乐趣中得到了补偿。

对于那些可采用间伐或轮伐的森林管理和采伐方式的实业家来说,有某些不同的开发原则。有些实业家阶段性地采伐成龄树、畸型树及病树,而同时让幼龄树继续生长。这种开采决策模式如图16-7a所示。这时,每砍伐一次,剩余森林的市场价值就下降一些,并在第二次砍伐前一段时间内,价值又逐渐恢复;同时,实业家的持有成本也在上升,但是,只要实业家有能力从每次砍伐期的木材收益中支付累积的成本,他就可以获得利润。因为经营核算不必包括每棵树的整个生命期,所以就不必过于担心期望净收益的折现情况了。

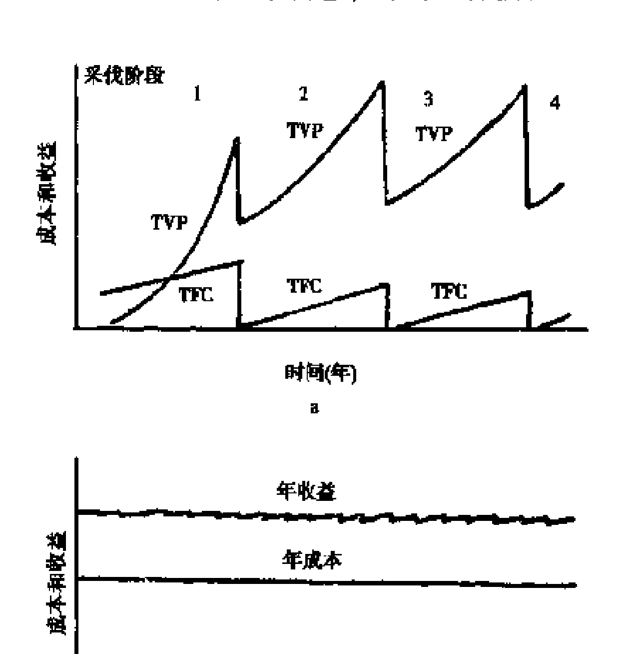


图16-7 总产值和总要素成本的补偿与典型森林间伐和轮伐经营的相互关系

同样道理也适用于采伐周期较长的经营者。这些经营者通常自己拥有和控制着大面积的森林,按同龄森林进行管理。为了保证雇员和机械设备的不闲置,经营者必须每年计划采伐一片或多片林地,来年再移到别的林区采伐,依此往复下去。同时,采伐迹地重新播种和抚育幼林,以使这些林地能在下一轮采伐时生长成材。

这些经营者所遵循的决策模式如图16-7b中所示。经营者每年从收益中扣除管理成本和持有成本。这种作法如同那些每年种植农作物的做法一样,所遵循的是类似图16-2中恒定性资源的计划模式。但这里有一个重要区别在于,如果想从连续增产中获取效益的话,森林经营者和农场主必须年复一年地培育和保护幼苗和种子。

五、土地资源的长期明智利用

只要管理得当,大多数土地资源都可以长期利用,并得以保持其生产力。因此,这类资源的保护问题,是一个最有效利用资源而同时又保护长期生产力的问题。

关于土地资源保护的准确含义,应区分两种活动。一是维持一种土地资源生产力的活动,二是进一步开发、提高其生产力的活动。当强调维持意义上的活动时,“土地保护”可以定义为“在假设生产技术等条件不变的前提下,为防止既定劳动和资本投人的既定土壤面积上未来生产水平下降而采取的措施”。也可定义为“为保持既定生产函数在时间上不变而采取的措施”。

大多数土地保护主义者,将土地开发和改良这两条也列人土地保护定义之内,因为在他们看来,土地保护是“在土地本身生产能力基础上旨在使生产力水平最高而同时又不破坏土地,为此而采用的土地利用和经营体系,其中包括采用目前已知的或最好的方法”。按美国农业部土壤保持局的定义:“土地保护指的是,将所有必要措施以最恰当的形式结合起来,用于土地经营之中去,以建立和维持土壤生产力,使之持续而有效地生产充足的产品。因此,土地保护意味着得当的土地利用,防止土地受到各种形式土地退化的破坏,恢复受侵蚀的和能力衰竭土壤的生产力,保持植物所需土壤水分,在需要的地方进行适宜的农田排灌,以及其他对达到最大现实生产量和最大农牧场收人有利的方法。这些措施也可以同时采用”。

按照这种广义的定义,土地保护绝大多数是利用好和管理好土地的事情。经营者通常能在一系列管理方式之间作出抉择。在这个抉择的过程中,他们一般地试图使当前的和其计划期内的收益和满足最大化。他们只要知道自己的活动会带来什么后果的话,就有可能知道不同管理方式的预期成本和收益情况;也会知道在其整个预期经营阶段内这些成本和收益在时间上可能的分布情况,还会知道这些措施对其土地资源市场价值的影响。

土地资源的保护和明智利用中,有两个主要的管理问题。一是经营者必须认真选择生产活动方式。并认真安排这些活动方式的时间表,以保证使实际收益达到最大。二是这些经营者必须重视建立和维持土地生产力的保护投资的选择及时间安排。

经营者是否采纳土壤保护措施,取决于他对土地保护问题的认识,取决于他对土地保护的需要迫切与否,取决于他对拟议中保护方案预期收人(现在的和可预见将来的)的估计情况,取决于他的资本状况,取决于他的时间偏好率,以及取决于他是否愿意接受保护哲学。这时所可能出现的一些主要问题,用图 16-8 中所列的四种可能情况来加以阐述。

图 16-8a 的情况是,经营者从土地资源中所得收人和土地的生产水平逐渐持续地下降。这时,他可以采用保护措施来改变这种状况,使其预期作物产量和收人水平处于稳定状态。这方面的例子包括在土壤里施用肥料,采用条播方式或夏季休闲措施。在这种情况下,那些看准时机的经营者,不用敦促,即转向采用保护措施;对另外一些经营者则需要通过教育使其认识到尚不知道的机会。这两类经营者都会投人保护投资,任何不乐意采纳保护措施的表示,都会被看作是不明智的管理标志,或消息闭塞的管理标志。

图 16-8b 中的情况就有些复杂了。在这个例子里,经营者若采用保护措施,以稳定土

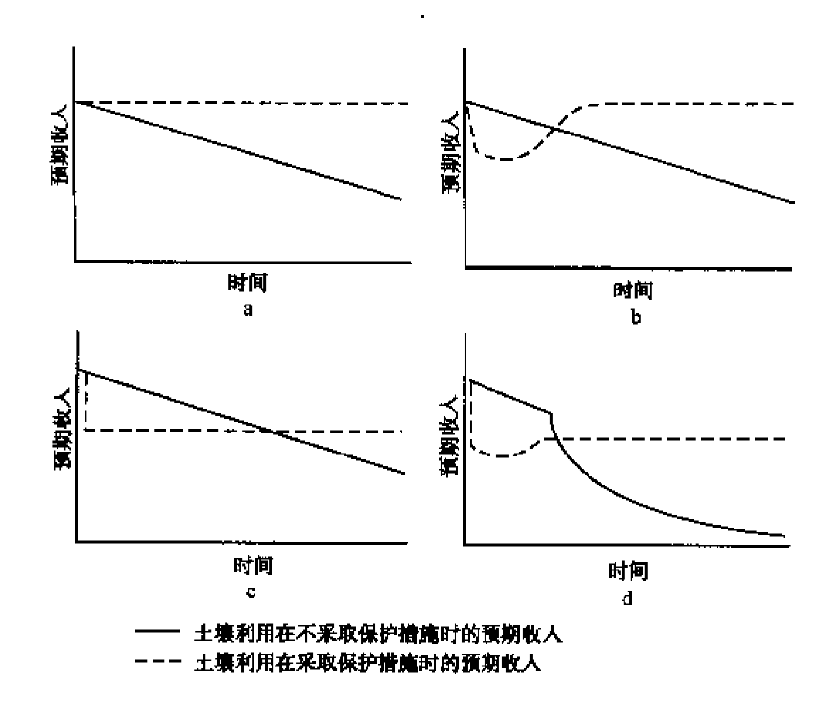


图 16-8

在一个若干年长的时期内，采取和不采取保护措施时，由土壤资源利用中可望获得收入的变化预测曲线，可以用来说明在保护决策过程中会遇到的四种情况

地的收入水平和生产力水平，他就必须首先减少自己某个时期内的收入，而同时又得进行保护措施投资；或者，改变种植制度，主要种植增强地力的作物，而不是耗地作物。例如，他可能觉得有必要牺牲一些经济作物的收入，而将其部分土地改种绿肥作物；他也可能减少收入而把部分收入用于其他目的，如花钱修筑梯田、检测堤坝或改良土地排水系统；他还可能觉得应该由原先依靠粮食作物转向依靠饲料作物和牧场。这种转变往往带来一个阶段的收入减少，但同时又建立起一个可以弥补原来出售经济作物所获收入的畜牧业。

这里，一个重要的问题是，经营者是否乐意放弃近在眼前的收入，而使其较长时期内的预期收益最大化。在图 16-8b 中，保护措施的采用情况就不如图 16-8a 中的明确。在图 16-8b 中，经营者遵循的行动路线取决于其计划期的长短、他目前对收入的需要，以及在预期高额收益获得以前为渡过难关而取得贷款的能力大小。

图 16-8c 则引进了另外一种复杂情况。假设经营者将土地生产力恢复到某个水平，以维持其目前收入水平的前景是渺茫的。这时，经营者会发现，长期持续利用土地需要将耗地作物永远转为饲料作物、草或树木。如果他延迟这种土地利用，即可通过继续其目前利用模式每年期望得到一个较高的收入，一直到待选择的生产曲线与其目前正在下降的生产曲线相交那年为止。但是，这种延迟会由于土壤侵蚀而继续丧失部分表层土壤，从而会进一步降低其土地资源在转做较低层次用途后的生产力水平。

图 16-8c 的经营者，可能不乐意转向较低收入生产水平的替代用途，原因是可以理解的。然而，当他面对如图 16-8d 这样一种情况时，转变才是明智的。在图 16-8d 例子中，土地生产力的下降和侵蚀已将其全部而不是几英尺的表层土壤侵蚀掉了，或者沟壑正在危及并侵蚀其大部分生产用地。这时，土地利用正快速滑向一个"危机临界点"，若超过该

临界点，土地资源就几乎不能再利用了。由于这样一种前景，他可能很乐意采纳保护措施（如修筑梯田、检修堤坝、水道种草），并将土壤转向较低层次的用途，因为这样做可能是惟一能使其土地保持利用的可行方法。

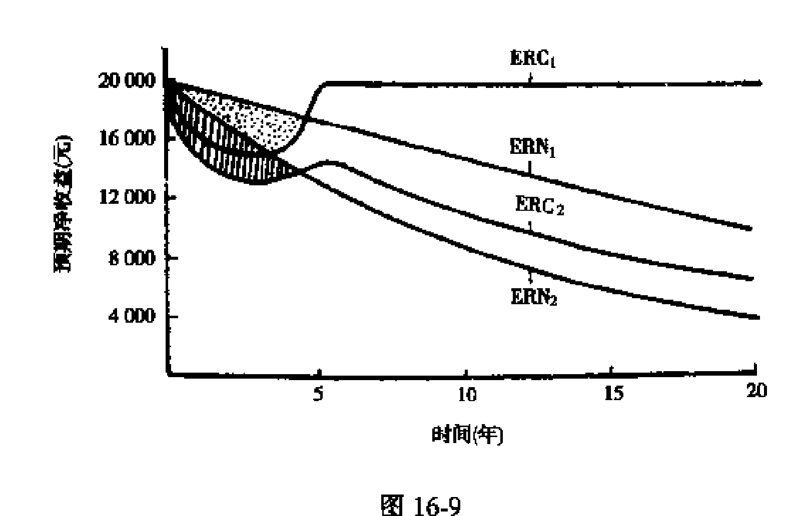


图 16-9

采用土壤保护方案与继续土壤掠夺使用方案两种情况下，预期净收益的折现对经营者采用土壤保护措施的可能影响

上面这四个例子说明了使土壤保护决策过程复杂化的一些情况。但到目前为止，还没有谈及净收益折现对经营者是否愿意采用土壤保护措施的影响。净收益折现对在图16-8a 中的例子来说并不重要，因为在那个例子里，经营者可以由其保护投资中期望得到一个早期收益。然而，一旦经营者必须计划放弃其目前可以得到的一部分收入，而同时又得对旨在提高以后总收入期望水平的保护措施投资时，折现就成了一个问题。

这个问题可以用图 16-9 中的例子来说。在这个例子中假设这样一个农场，其种植计划目前的净收益为 20 000 元，但是同时有土壤侵蚀，它会使其预期年均净收益(ERN_1)减少，减少额近期 20 年内预计每年为 500 元。如果放弃目前收入而在近 5 年内投入 2 万元保护投资的话，即可以将净收益稳定在近乎于目前的水平上(ERC_1)；如果不贴现未来预期净收益的话，那么只要将计划期在第五个年头后再延长五年以上，或者足以收回 2 万元投资的一段长时间，采纳保护方案即为经济可行。

如果该农场主像绝大多数投资者那样行事，他就会看重第一个五年所要放弃的 2 万元，而不是更重视在第二个五年他可得到的 2 万元净收益增额。时期偏好因素将使他在采取和不采取保护措施两种情况下，都对其净收益折现(ERC_2 和 ERN_2)有所考虑；并有可能使他在采取保护措施时比在不采取保护措施时采用较高的折现率。

如 ERC_2 和 ERN_2 所示，保护投资的预期收益采用 6% 的折现率，而不采用保护措施时净收益的折现率采用 5%，从而使得保护计划决策复杂化。现在，该农场主如果想使未来净收益的现值足以补偿其在保护方案中投资的现值，那他就必须将其计划期在第五年以后延长七年；假如他通过借钱来进行保护投资，或弥补在第一个五年里所放弃的收入，那么他的贷款利息作为追加费用，就要从保护预期收益中予以扣除，从而会进一步推迟其收支相抵平均期的到来。

六、人工资源的长期明智利用

大多数人工不动产资源，如房屋、办公大楼、贸易中心、公路和多用途大坝，都有可测算的经济寿命。有时经营者会发现重新开发这些资源是明智的做法，例如，一幢建筑物所占据的场地可以重新用于更高层次用途。这时，所有者可能试图在一个相当短的时间内，以最低的维持和经营成本，来最大限度地利用该种人工资源，以使自己能够在由于注销目前投资所造成的损失最低的条件下，转向更高层次的利用方式。但这种情况是例外而不是常例。大多数所有者发现，采用旨在延长其建筑物经济寿命的财产利用方案是明智的，而远非采用掠夺性的滥用策略。

人工资源的保护，在很大程度上集中在旨在延长开发资源经济用途和经济寿命的一系列方法的应用上。这种资源保护的基本原则，往往与图 16-8A、B 和 D 中土壤资源保护方案的基本原则相同。目前投资利用模式的改变，有时会使资源开发价值趋于稳定。但更多的情况则是为了投资于资源更新和改建改良方案，必须放弃一部分收入。建筑物的保护方案要求经常维修和保养。如果有必要不时地改建和添加新的内容来防止资源报废，那么也可能还需要这些变化。公路通过恰当的利用和对坏路面的更新维修或改善，可以得到保护。多功能大坝的保护，要求持续地保养，采取减缓或制止水库渗水的措施，更新被毁坏的或过时的设施。这些保护措施是不是明智的资源利用，取决于预期收益或满足在多大程度上超过成本。

城市街道的保护是一类特殊的人工资源保护。居民对街道作为居住场所的满意度，取决于街道里每个居民的活动方式。在这个街道居住的少数家庭，可能由于滥用其财产而降低了该街道的满意度，从而造成了该地区的衰退。为了防止这种情况的发生，必须采取集体行动。这类行动主要有两种形式：①街道财产的所有者们联合行动，以维持乃至改进财产的外部景观，提高财产的效用和价值；②采取区域性改良或再开发方案，以改进建筑设计和街道的区域环境条件。

第三节　自然资源保护的几个有关问题

一、影响自然资源保护决策的其他因素

务实的企业家关于资源保护要问的第一个问题是，保护划得来吗？作为一名普通公民，他可能原则上赞同保护。但作为一名实业家，他最为关心的是利润；如果保护的投资不会带来收益的话，他就会对保护投资或对为了资源保护而放弃目前收入的作法不感兴趣。

经验表明，采用保护措施往往是划得来的，特别是当这些措施是资源在时间上的明智利用做法时，更是如此。也往往有这样一些情形发生，即一项保护或节约资源的政策对单个经营者来说是不利的，甚至可能从社会观点来看也是不令人满意的。一项保护方案是否有利可图，主要取决于该方案的成本、预期效益、效益的取得所要花费的时间，以及当前评价中所采用的折现率。除了这些因素以外，一项保护方案是否真正划得来，还同时取决

于其他一系列因素，其中最重要的有：①经营者计划期的长短；②保护方案的投资和投资抽回；③经营者在各种选择性保护措施之间选择的余地或能力；④方案对其他资源保护的影响。

1. 经营者计划期

历史的和统计的研究，往往对采不采用资源保护的事后效果或既成事实评头论足，而实际上，保护方案应该是事前或预见性的。应该事先制订或在资源利用时制订保护策略，并且几乎总是假设一定的计划期。这些保护方案中，包括那些短在几个小时、长在几十年内才完成的经营活动和资源利用。

当一个经营者决定执行或放弃执行一项保护方案的时候，他要至少是暂时地服从一条特定的行动路线。当然，其决策并非在任何时候都是一成不变的，可以调整其方案以适应多变的条件。例如，一个计划将其资源持有20年的林业主，可以修正其采伐的计划，把采伐期缩短到15年或延长为35年。但是，他的方案通常必须是在他乐意的计划期内看来是可行的。如果计划期缩短，他往往会根据短期核算的特性，来确定其过早采伐森林、采矿或其他类型的资源开采的合理性。

经营者的保护决策与计划期长短决策之间的相互关系，可以用在8年以后就可收支相抵的土地保护例子来说明。此例中，如果计划期包括8年以上的连续经营过程；或者，如果觉得在计划期末以前仍可以经营该片土地，而后再以足够补偿其保护投资的价格将土地售出，那么，该经营者是乐意采用保护措施的。但是，如果他的计划期受一年租约的限制，如果也有一个按年租赁协定而不必对不会耗竭土地资源的改良进行补偿，如果他计划在五年之内转移到另一个社区，或者，如果其他因素使得他不能够或不乐意在连续经营以前八年就制订计划，那么，他的态度就会大不相同了。

正如这个例子所指出的，一项保护措施是否划得来，在很多情况下，取决于经营者是否有能力或者是否乐意用相当长的时间来使其保护投资得到补偿。资源在时间上的明智利用，需要计划期长到足以保证资源带来收益，以及足以能够采用带来最大经济和社会净收益的方案。那些计划期较短的经营，从可能未充分利用或过度利用了资源的观点来看，既是掠夺性的又是浪费的。

除了实业家的资源租赁状况及其是否乐意预先制订计划以外，计划期长短往往还受其他因素的影响。那些经营前途远大的经营者有时采用较短的计划期，这只是因为其目前的经营规模和模式要求有一个较快的资源利用速度。例如，一个采矿企业家可能在小规模的经营上，即可得到最大的收益。然而，一旦开掘了矿井并购置了开采机械设备，他会觉得最好还是继续其目前的经营规模。一个在大型锯木场投入大笔资本的林业主，可能觉得转向另一个使生产持续进行的生产方案是不利的，因为这种转变使得他不能再有效地经营其目前的锯木场。同样，一个拥有大量新机械设备的农场主，可能决定继续其掠夺式的土地利用方案，而不是注销其机械投资的价值。

2. 抽回投资的需要

采取保护措施的经营者，不只是对节约和储备资源以备模糊不定的将来利用感兴趣，他还希望在其计划期内使自己的投资得到补偿。因此，他如果延迟自己的开采或钻井过

程，或者如果以保守速度开采石油，那么他的保护措施可望带来正的经济效益。这个收益可能以较高的价格形式获得，也可能由更多产品数量获得，或者同时来自两方面。林业主、猎手和渔民等延迟其资源收获或利用的人，都有希望在未来获得更大或尽可能多的树木、猎物或鱼。进行土壤治理投资的农场主，可望建起可以利用并逐渐被更新的肥力库。他可以把肥力库视为银行存折，在需要追加资本的时候，就可以从中提取。建筑家们对建筑物及配套设施投资，为的是可以逐渐获取投资的全部效益。

大多数资源的明智利用，特别是储存性资源和恒定性资源的明智利用，同时也是一个连续的投资和抽回投资的过程。在和平和繁荣时期，我们采用土地银行原理来投资于土地改良、扩大或改良森林，以及增加建筑物及其配套设施的总量。但在战争时期和非常时期，这个过程将倒过来，变为强调提高粮食生产、增加木材采伐量，而不能顾及保护。

经营者安排投资和抽回投资的时间涉及到主要的保护问题。一般情况下，经营者在抽回投资以前应该在保护措施中投入一系列的资本。然而，在实际上，经营者往往会发现靠自然或在以前经营者投资基础上筹资，既经济可行又是社会所允许的。因此，每个人可随时抽回投资，以得到必要的改良所需资本。有些国家也采用广泛的资源抽资政策，以供给经济发展所需的资本和资源。

对于新开发的地区，其实是在开始一种从自然资源中积累投资的活动。在开发和利用自然资源的过程中，人们采用的是抽资政策。这项政策有其令人遗憾的方面。但是，总的来说从每个普通经营者和整个社会观点来看，这项政策仍不失为有理和有利的。抽资政策之所以得到支持，是因为它是经营者所能采用的、使个人收益最大化的捷径，又是因为它适合于某些地区的经济开发。

未开发地区对保护投资政策之所以不屑一顾，主要是因为人们可利用的森林、野生动植物和土地资源的自然供给丰足和价格低廉，使得保护措施不可行。一旦这些条件变化了，一旦资源相对于潜在的需求越来越显得稀缺，那么人们就会对保护重视起来，从而保护政策会得以采用，以保护我们的石油、矿藏、森林、野生动植物和土壤等资源。但是，这并不一定意味着节约资源以备后用，而是每年都要从中抽取适量的资本，而在战争和非常时期，甚至超过目前投资的抽资也是必要的。

同样道理也适用于个人保护投资。有些经营者进行林业或土壤改良活动，为的是维持生产水平；有些则是为了储存一定的额外生产力，以便在非常时期提取；另外一些人，特别是那些债台高筑、确实需要追加经营资本的经营者，则向其资源借债，并打算用未来的保护投资来偿还该项债务。后一种抽资做法会导致短期资源掠夺。但从长远来看，只要该经营者遵循整个计划再投资方案，它就仍不失为一项好的经营方法。后一种情况之所以存在，是因为一定数量的抽资是允许的，也可能确实是需要的。经营者需要从中为自己提供追加的经营资本，该资本又用来改进他作为一个经营者的地位。

3．选择保护方案的能力和余地

另外影响一个经营者对保护盈利情况的态度和决策的重要因素，是其为满足自己特殊需要或偏好而选择保护方案的能力或余地。这时，经营者所面临的并非采取保护措施与不采取保护措施的抉择。他们往往对一系列活动进行选择，其中有些活动比另外一些更富掠夺性。例如，采矿企业可以只开采含量最丰富或最容易开采的矿石，而放弃将不太

好的矿石运到地面上来，最后在该矿井挖完时就立即放弃掉；他也可以按比较保守的政策，将不太好的矿石储藏起来，以供将来可能时利用，或者不封闭原来的矿井，并使之在需求改变而成为经济的资源时就投入使用。

保护措施选择的最好例子是森林和土壤资源的利用。林业主可以采取不干涉的管理方案，即将整个森林的生长全部放任于自然作用之下；也可以采用集约的管理措施，如伐树、喷施农药或清理树林；还可以伐光全部树木，然后再播种，或移植小树来予以更新。

农场主进行保护措施决策时，也有一系列的目标和措施选择。在总体上，他们决定要么采用土壤改良方案，要么采用只维持土壤目前生产水平的方案，要么采用允许有些土壤衰退或被侵蚀的方案。一旦确定了上述决策，他们就可以在为达到既定目标的各种措施中进行抉择。

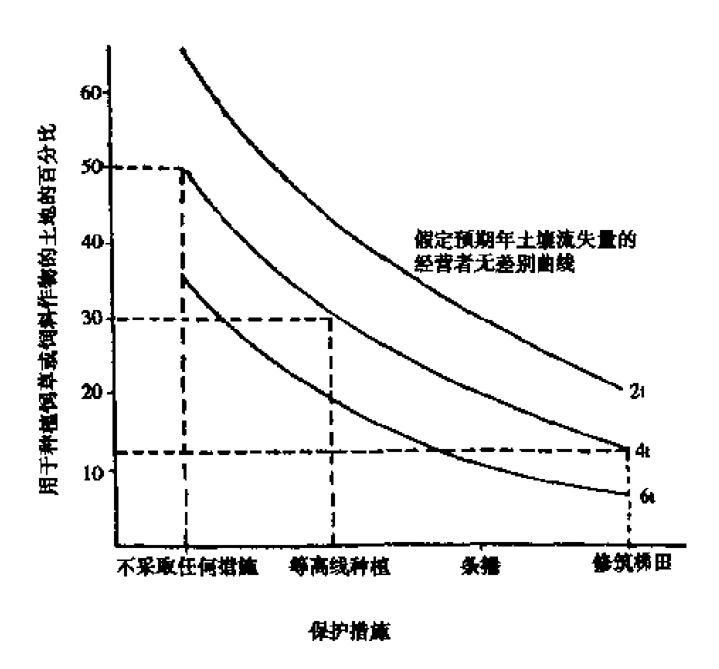


图 16-10　经营者所能采用的管理方案的选择范围

选择的范围可以用图 16-10 的曲线来说。这里假设有三种目标：①一个可培肥土壤而每年每平方公里仅流失 2t 表土的方案；②一个每年每平方公里流失 4t 表土的方案，这是在目前技术条件下，维持目前生产水平所允许的最大土壤流失方案；③一个每年每平方公里流失 6t 表土的方案。另外，还假设要达到每个目标都需要一个将部分耕地用来种植饲草或饲料作物，而同时对其余耕地采取联合保护措施的作物轮作方案。

在这个例子里，如果经营者可以确定自己的土壤保护目标，并具备有关其方案选择对土壤生产力影响的专门知识，那他就可以分别在 2t、4t 或 6t 曲线上进行可能的组合措施选择。例如，他为达到 4t 目标可以采用将 50% 的耕地用于种植饲草或饲料作物的轮作制，并在其余耕地上采用等高线种植的方法；还可以采用将 12% 的耕地用于种植饲草或饲料作物的轮作制，并在其余耕地上采用等高线种植、条播和修筑梯田等方式。

这个例子表明，有若干种保护措施供选择的经营者，比较容易发现其中更适合自己的方案，或在其经营条件下更有希望收支相抵的方案。在上面的例子中，一个商品粮产区的经营者和一个奶牛产区的经营者（假设两者曲线一致）都可以制订出一项可以获利的保护

方案。更小的保护措施选择范围,会减少经营者制订出可以获利的保护方案的机会,甚至使这种机会化为乌有。

4. 与其他资源的关系

在未考虑保护措施对其他资源的影响以前,我们还不能最终回答保护措施是否划得来这个问题。经营者往往发现在生产方案中,用一种资源来代替另外一种资源是可行的。这样的替代,一般地会导致保护或减少被替代要素的利用。这种替代的总体影响是指替代对新要素供给的影响。用另外一种资源来替代一种稀缺资源,可以节省经营者的钱,或者可以导致生产更多或更好的产品,从而使替代成为经济上可以接受的。但是,这种替代也会加快新要素供给量的消耗,从而有一种负的或中性的总体效应。

资源代替使保护问题复杂化了还是简单化了,取决于环境条件以及人们对保护的自然方面和经济方面的看法。自然方面的保护要求限制有限资源或非再生资源利用,用恒定性资源来替代储存性资源。这种作法在短期内往往是不能见效的。单个经营者很少进行资源替代,除非他从替代中可以节约一笔钱或得到更多的利润。与此相反,他们却急于用储存性资源来替代恒定性资源,即使这种作法会导致资源耗竭。但只要这样做会缓和其经营状况或节约成本,他们就会这样做。

可以用一系列例子,来说明某些经营活动导致资源耗竭的经常性趋势。例如,由于拥有丰富的土地资源供给,而资本和劳动力供给缺乏,于是用土地资源来替代生产组合所需要的资本和劳动力;蒸汽涡轮机(利用煤或其他化石燃料)长期以来一直用来发电,因为蒸汽涡轮比起水力发电厂来说是一个更有效、花费更少的动力来源;天然气和石油被广泛地用来替代煤炭作为一种热能和工业动力的来源,尽管天然气和石油被认为是一种供给量更为有限的基础资源;在许多农场里,商业肥料被用来部分替代通过土壤改良措施即可获得或维持的地力。汽油驱动的汽车和拖拉机已经替代了饲喂干草、燕麦的马匹,成为我们运输力量的主要来源。

这些例子表明,我们的价格分配体制往往会加快一些类型资源的自然衰竭。在我们的经济体制中,对于用再生的或丰富的资源来替代非再生的或稀缺的资源,只有当不同资源的成本和价值在经营者们看来是划得来的时候,这种自然保护政策才是可行的。照目前的情况;我们倾向于利用那些可带来最高经济收益的资源。随着继续利用,这些关键性资源的价格是会上升的。价格上升,会促使更集约地开采或生产,并促使将这些资源作为生产过程中的一种有限要素来对待。价格上升,还会促进对更多替代的研究,即最终会导致再生资源和可重复利用资源的加速开发和利用。

二、自然资源保护的社会利益

在讨论保护问题时,人们往往提到保护的个人利益和社会利益之间的差别。个人往往被假设趋于采用高的时间偏好率和较短的计划期,而社会则被视为采用较长的计划期和较低的贴现率,这是由于社会着眼于后代的福利,并且有以较低利率借款的能力。

这种利益两分法的真实看法表明,社会利益并非一定与单个经营者的利益相背。社

会由个人组成，社会利益当然反映其成员的利益。二者的真正差别在于每个人是怀有使自己满足最大化的愿望，还是有强调社会和团体利益的愿望。经营者在强调个人和公司的目标时，总是发现需将自己的利益与建立经济秩序的管理者的利益对立起来；相反地，个人的社会责任，往往体现在个人对社会的作用上，并通过集体行为来完成，即通过搜集公众意见、团体和组织中个人的联合行动、国家行为等来完成。

有理性的人总是关心个人生存、自己及其家庭所能获得的收益和满足；同时又或多或少地关心人类的未来、继承人的利益和后代人的福利。每个人总的利益是由相互补充或相互冲突的利益组成的。这些利益组合使得人们的保护观念更加复杂纷纭，从只考虑保护的极端到强调资源掠夺式利用的另一个极端。

企业组织和社会机构之间也存在这样的保护利益差别。公司往往被认为是比个人计划期更长和采用利率更低的企业组织形式，有时强调保护，而有时又强调某些资源的快速利用。政府的保护措施也是变化的，往往用立法手段来监督并保证国家的有限资源免遭过度而且盲目的利用，把这视为明确的政府职能，是为了保障当今公民及其后人的利益。在其他情况如战争时期国家生存未卜之时，政府可能致力于资源抽资政策的实施，这种措施与唯我的经营者策略一样，都有掠夺性。

保护的社会利益，可以用社会利率或社会计划期对资源明智利用的影响来说明。然而，保护的社会利益这一概念，如果不与集体行为联系在一起，或者不能为社会利益的实现作出贡献，那是没有意义的。

关于衡量社会为达保护目标所采取活动的适当标准，还有几个重要问题。在自由竞争的政治哲学观下，往往主张限制社会干预，允许个人在其经营中不受政府机构的干涉。但是，没有一个自然资源的所有者或使用者独自生活在一个岛屿上，其资源利用往往影响到邻居和整个社区；并且，只要其资源利用对维持地区资源基础的生产力、价值或成本有负作用，那么，他的活动就会为社区和公众所关注。

每当经营者的活动被视为于国家安全不利之时，或者每当社会规划为改善资源开发所必需之时，就毫无疑问地应该采取促进保护的社会行动。社会控制，可以用来制止毁及街道或引起积水、侵蚀、火灾、淤塞或土壤流失等问题的个人土地利用；同样地，社会控制也可以用来帮助个人。在以下情况下，人们会赞成为达到保护目的的社会活动：①当采取保护措施对于个别经营者来说在经济上有利，但又尚未采取措施的时候；②当保护措施对个人经济不利但对社会经济有利的时候；③当大多数公民所赞成的无形目标只有通过集体活动才能达到的时候。

社会机构在提高保护的社会利益时所采用的方法，与社会指导在土地利用中所采用的方法，极为相同。为使人们接受保护措施所采取的教育措施和可能补贴手段，在知识贫乏被视为保护的主要障碍的时候采用。信贷优惠和技术援助，与土壤和街区保护方案一道，用来帮助经营者为保护措施筹措资金，并进行调整。

对于森林资源，可以采用优惠税收措施来促进保护措施的采用；法律、法规可以用来制止森林砍伐，保证油井间隔条例的实施和区域规划的实施；国家优先权可以用来实现对公园、野生动植物和其他资源的保护；公共费用支付能力和公共所有权，也可以在相当程度上用来促进保护目标的实现。

三、克服自然资源保护的障碍

保护的另一个重要问题是克服保护措施实行时所遇到的障碍。其中有些障碍,如大多数矿物资源的埋藏特性和有些土壤比其他土壤更迅速地侵蚀的特性,主要说来是自然障碍。另外一些障碍则是经济的、制度的和技术的障碍。

1. 自然障碍

自然资源基本上应该是哪里有就在哪里利用,而有资源的地方不一定有良好的长期明智利用条件,这就构成资源保护的自然障碍。在这种情况下,资源利用者可以开掘矿井、修筑堤坝、种植树木、修筑梯田和种草,以及采用其他方法来改善自然条件,克服资源明智利用的自然障碍。当然同时也要克服经济的、制度的和技术的障碍。

目前,由于全球气候变化所造成或加剧的自然资源退化问题,诸如气候干旱化趋势引起或加剧的草原退化、森林大火、土地荒漠化等,对资源保护构成了最为棘手的自然障碍。克服此类障碍需要采取大规模的生态建设措施和适应对策。

2. 经济障碍

缺乏了解和预见性,是资源长期明智利用的一个主要障碍。经营者常常不能接受保护措施,只是由于他们没有意识到保护会使其整个资源利用过程的收益最大化。这个问题部分地可由旨在使经营者意识到保护重要性的教育措施来解决。除了要了解保护的优点之外,合理的保护决策还需要了解有关自己所储备的资源及其他资源的储量、市场和成本支出状况,以及其他保护措施的可能收益与成本情况等等许多方面。

保护的第二个主要经济障碍,是普通经营者缺乏资本。大多数经营者都拥有一定的资本,但是,很少有人拥有按其希望的方式进行经营所需要的全部资本。这种限制因子,往往使得他们从自己资源中抽资或采用较高的时间偏好率,这仅仅是由于他们觉得必须增加自己生活和经营所需要的眼前收入。在许多情况下,特别信贷优惠可以帮助经营者有财力采取保护措施。信贷和对经营者全部收入的保障,可用来帮助经营者度过收入减少的时期,这个时期有时在经营者能够将保护措施所带来的长期收益资本化之前就完结了。也可以制订投资补偿计划,以促使个人采取受社会赞成、但对个人却是不利的保护措施。

经济的不稳定是采取保护措施的第三个主要经济障碍。许多经营者采取短的计划期和高的折旧率,原因是他们觉得自己不能够预测未来的成本价格和市场条件。如果采用旨在减少不确定性,稳定经济体制和由于通货膨胀和经济萧条所造成的收益波动最小的措施,这种情形是可以改善的。在不能采用这些措施的时候,市场保证体制,或社会与个人分担保护成本和收益的体制,可能有益于促进一些类型的资源保护。

3. 制度障碍

与人类其他类型的行为一样,保护决策往往受制度因素的影响。许多人将保护视为习惯或风俗,是因为他们受一定哲学的熏陶。另外许多人则觉得自己采用保护计划,是由

于政府的相对稳定、明确的土地所有权、对公共保护的响应、渴望得到社会价格支持或借保护作为反对苛刻税收的理由。

制度条例也可能对保护不利。固步自封、懒惰和对土地明智利用原则的忽视,都会导致对资源掠夺。租赁权有限、抵押期马上就要到了和房地产权不明的经营者,或者动摇不定的政府,对于采用低折旧率或长计划期是不会感兴趣的。习惯的租佃规定,往往使得地主和佃户都对保护没有多大兴趣。高额财产税或保险费、经营单位不能达到合适的规模,以及缺乏合适的信贷条件,是导致资源掠夺的另外一些重要原因。

社会在克服障碍方面可以起到重要的作用。教育、示范和补贴手段,都可用来将保护的重要性晓之于民,并促使他们付诸行动;政府可以从正面采取行动来稳定政治制度,明确各种财产所有权和使用权;可以制订方案来改进租佃关系,以鼓励在保护措施中投资;可以制订方案来修改税收制度,以支持私人保护活动;可以制订方案来补贴个人采取保护措施;还可以分步骤地促进资源的社会开发和某些资源的公共所有和公共管理。

4. 技术障碍

资源利用往往受现有技术条件的制约。原始人往往在不知不觉之中进行保护,因为他们缺乏开发土地资源的动力和技术。一旦得到了这种动力和技术,往往就会毁坏资源基础,这并非由于他们想这样做,而是由于他们在利用新技术时,没有能力使自己的行为规范化。

现在仍有不少人赞同盲目的资源开发策略,他们幻想技术会解决所有的资源贫乏问题,科学将改进开采和生产过程,并用新的代用品来弥补资源的消耗。显然,资源的明智利用需要仔细地考虑未来,技术能够在帮助人们增加大多数资源的供给方面起重要的作用。在这种情况下,技术的任务很简单但富于挑战性。技术可以帮助我们发现更多的储存性资源、使资源的开采和利用更加容易和彻底,以及延长资源的有效利用期;技术还可以促进恒定性资源的经济开发和更广泛的生产性利用;技术可以引起生物资源的改良品种和品系的出现,从而以更低的成本生产出更好的产品;技术还可以指明土壤保护措施的改进方向和使人工改良设施的经济寿命得以延长的兴建和维修方向。在为了以上目标而促进技术进步和推广方面,社会负有不可推卸的责任。这就是说,需要克服资源保护中技术不足的障碍。

但是否仅靠技术就能解决我们未来资源利用的种种问题? 技术往往是一柄双刃剑,在解决一些问题的同时,又带来一些新问题。我们还需要正确的技术哲学,以指导技术在资源保护中的作用。这就是说,还需要克服技术使用不当的障碍。

第十七章 自然资源的可持续利用

第一节 "可持续"的含义

"可持续"作为一个明确的概念,至少在1972年就形成了,当时提出了"可持续的社会(sustainable society)"。世界环境与发展委员会于1987年在《我们共同的未来》报告中正式提出"可持续发展"这一概念,其定义是:"可持续发展是既满足当代人的需要,又不损害后代人满足其需要的能力的发展"。从此以后,关于"可持续发展"和"可持续性"的定义如雨后春笋般激增,迄今已出现了数以百计的定义。虽然这些定义不尽相同,但都包含了几个重要的含义:

① 理想的人类生存条件:即满足人类需求的、可永续存在的社会,尤其是世界上贫困人民的基本需要必须特别优先得到满足。

② 持久的生态系统状况:即保持自身承载能力以支持人类和其他生命的生态系统。

③ 公平性:不仅在当代人与后代人之间,也在各代人内部,平等地分配利益和平等地承担代价。如果在发展政策中忽视资源分配问题(代间分配和代内分配),则不能实现可持续发展。可持续发展在很大程度上是资源分配问题,狭义的可持续性意味着对各代人之间社会公平的关注,但还必须合理地将其延伸到对每一代人内部的公平的关注。

"可持续发展"或"可持续性"已成为世界各国制定经济和社会发展目标的普遍共识,无论是发达国家或发展中国家,也无论意识形态和社会制度如何。

一、人类的需求与发展

关于"发展",有多种学说,但归根结底,发展的主要目标是满足人类的需求。

1. 两种倾向应当扭转

(1) 发展中国家大多数人的基本需求——粮食、衣服、住房、就业——没有得到满足。他们有权利要求这些基本需求得到满足,同时也有正当的理由要求提高生活质量。一个充满贫困和不平等的世界将易于发生生态危机和其他危机。资源的可持续利用要求满足全体人民的基本需求,要求给全体人民机会以满足他们提高生活质量的愿望。

(2) 发达国家很多人的生活超过了世界平均的资源和生态条件,例如能源消耗和其他消费,如果按目前美国的人均标准,世界只能维持10亿人口,其余50亿人口生存的权利就被剥夺。人们对需求的理解是由社会条件、经济条件和文化背景决定的,只有各地的消费水平控制在长期可持续性限度内,全体人民的基本生活水平才能持续。资源的可持续利用要求促进这样的观念,即鼓励在生态可能的范围内的消费标准,所有的人都可以合

理地向往的标准。

2. 满足需求与发展

满足基本的需要在一定程度上取决于实现全面发展的潜力。显然,在基本需求没有得到满足的地方,资源的可持续利用要求实现经济增长(主要表现为人均国内生产总值GDP的增长)。在其他地方,若增长的内容反映了可持续性的一般原则,又不包含对他人的剥削,那么这种经济增长与资源的可持续利用是一致的。但在有些地方,经济增长并非就是可持续发展,当高度的生产率与普遍的贫困共存,当经济增长以破坏资源和环境为代价,就谈不上是可持续发展了。因此,可持续发展要求社会从两方面满足人民需要:①提高生产潜力;②确保每人都有平等的机会。

二、限制因素及其可持续性

1. 人口

人口增长会给资源增加压力,并且在掠夺性资源开发普遍发生的地区影响到生活水平的提高。这不仅仅是个人口规模的问题,也是个资源分配的问题。只有人口发展与生态系统变化着的生产潜力相协调,可持续发展才能够进行下去。

2. 环境

人类社会的发展,尤其是技术发展能解决一些迫在眉睫的问题,但却会导致更大问题的出现。盲目的发展可能会危害许多人的利益。社会可以有许多方法危害后代满足其基本需要的能力。在发展过程中,人类对自然系统的干扰越来越大,从原始的狩猎-采集到定居农业、水道改向(灌溉)、矿物提炼、余热和有害气体排入大气、森林商业化、遗传控制、核能利用等,都是人类干扰自然系统的例子。不久以前,这类干扰还只是小规模的,其影响也是有限的。但现在的干扰在规模和影响两方面都更加强烈,并从地方到全球各种尺度上严重威胁生命支持系统。这已对发展的可持续性构成威胁。可持续发展不应危害支持地球生命的自然系统:大气、水、土壤和生物。

3. 资源

资源的开发利用一般是有限度的,超过这个限度就会发生生态灾难。能源、材料、水、土地等资源的利用都有自己特定的限度,其中许多以资源基础的突然丧失的形式表现出来,有些则以成本上升和收益下降的形式表现。知识的累积、科学技术的发展等会加强资源基础的负荷能力,但最终仍有一个限度。可持续性要求,在远未达到这些限度以前,全世界必须保证公平地分配有限的资源,和调整技术上的努力方向,以减轻资源的压力。

(1) 可再生资源:经济增长和发展显然会牵涉到自然生态系统的变化。对森林、渔业这样的可再生资源,利用率应控制在再生和自然增长的限度内,否则就会趋于耗竭。土地资源就其肥力而言,只要利用得法,也有恢复的能力。多数可再生资源只不过是复杂的、相互联结起来的生态系统的一个组成部分;应考虑开发对整个生态系统的影响,必须明确

最高的持续产量,例如最高森林采伐量、最高捕捞量、最高土地产量(不引起土地退化和负边际报酬)。

(2) 不可再生资源:对化石燃料和矿物原料这样的不可再生资源,显然,今天利用多少,将来子孙们可利用的储存量就减少多少,但这并不意味着不能利用这种资源。然而,应确定一个持续的耗损率,这就需要考虑那种资源的临界性,可将耗损减少到最小程度的技术和可利用性,以及可得替代资源的可行性。对化石燃料来说,其耗竭的速度,以及循环利用和节约利用方面,都应制定一定标准,以确保在得到可接受的替代物之前(例如 H_2 代替化石燃料,目前是不现实的),资源不会枯竭。总之,资源的可持续利用要求,不可再生资源耗竭的速率应尽可能少地妨碍将来的选择。

(3) 物种多样性:经济增长和发展趋向于使生态系统简化和减少物种的多样性。而物种一旦灭绝,它们就不可再生。动植物物种的丧失会大大地限制后代人的选择机会,所以资源的可持续利用要求保护动植物物种。

(4) 大气和水:人类经济社会发展至今,一直认为大气和水是取之不竭,用之不尽的,是所谓自由财货。但它们也是资源,也有限度。水的稀缺在许多地区已成限制发展的重要因子;此外,大气、水体容纳生产过程中废弃物的能力也是有限的,不能超过自净能力。资源的可持续利用要求:为了保持生态系统的完整性,要把对大气质量、水和其他自然因素的不利影响减小到最低程度。

以上只是概括地叙述了资源的可持续利用的含义,强调了"需要"和"限制"两方面的概念。但资源耗竭和环境压力等许多危机问题现在之所以产生,往往倒不是由于缺乏资源,或受环境限制,而是由于经济和政治权利的不平等。因此,要做到资源的可持续利用,还必须强调另一个概念——平等。"满足需要"基本上是经济的概念,"减缓限制"是生态的,而"平等"则是社会的。

三、平等与共同的利益

1. 国际不平等

20 世纪 70 年代人类意识到资源与环境问题没有国界,因而提出"只有一个地球"的口号;但这惟一的地球上,却存在多个世界——至少可以区分出贫穷的发展中世界和奢侈的发达世界。每个社会、每个国家为了自己的生存和繁荣而奋斗,很少考虑对其他国家的影响。富国消耗了过多的地球资源并向环境排放了过多的废物;穷国的人们为了生存又往往不得不过度砍伐森林、过度放牧、过度开垦。两方面都损害着共同依赖的惟一的生物圈,危害着人类共同的利益。

按目前的国际、国内政治经济秩序,要维护共同利益是很难的。因为行政管辖权限的范围与环境影响所及的范围不一致。在一个管辖范畴的能源政策造成另一管辖范围内的酸性沉降,一个国家的捕捞政策影响到另一个国家的捕捞量。

商品的对外贸易使环境容量和资源匮乏问题成为国际性问题,如果能平等地分配经济成果和贸易收益的话,共同利益就能普遍地实现。但目前的国际贸易秩序是不平等的,初级产品的低价,不仅影响了这些生产部门,而且影响了主要依靠这些产品的许多发展中

国家的经济和生态。

2. 国家内部不平等

这种性质的不平等也处处可见，一个工厂可能排放了浓度不可接受的废气和造成了水污染而不予追究，因为首先受害的是穷人，他们不能有效地申诉。一片森林可能由于乱砍滥伐而遭破坏，因为生活在那里的人们没有选择的余地，或者因为木材商比森林中的居民更有影响力。

生态系统的相互作用不会尊重个体所有制和政治管理权的界限，于是，在一个流域上游农民的土地利用方式会直接影响到下游农场的径流量；一个农场使用的灌溉方法、农药和化肥会影响邻近农场的生产率，特别是邻近的小农场；工厂排放的煤烟和有毒化学品直接影响附近居民的健康；热电厂排入河流或海洋的热水会影响当地渔民的捕捞量。在所有的人都在继续追求狭隘的自身利益时，就不可能实现共同的利益。

3. 不平等是限制资源的可持续利用的障碍

资源分配的不公平产生许多问题。不公正的土地所有制结构使人口密度过大的地区导致过度的资源开发，不仅使资源基础受损，也对环境和发展两方面造成有害的影响。从国际上看，对资源的垄断控制会驱使那些没有参与垄断的人们过度开发稀缺资源。

另一方面，当某一系统临近生态极限时，不平等变得更加尖锐。这样，当流域环境恶化时，贫苦人由于居住在易受危害的地区，而比居住在环境优美地区的富有者更易遭受对健康的危害；当矿产资源枯竭时，工业化过程的后来者丧失了取得低成本供应的利益；在对付可能的全球气候变化影响上，富国在财政和技术上处于比较有利的地位。

因此，我们没有能力在资源的可持续利用过程中促进共同的利益，往往是国家内部和国家间忽视了经济和社会平等的结果。资源的可持续利用的概念不仅支持“只有一个地球”的口号，还提出“只有一个世界”的口号，以倡议平等，维护可持续发展。世界环境与发展委员会的总观点就是“从一个地球到一个世界”。

第二节　自然资源可持续利用战略

可持续性的蓝图将不是惟一的，因为各个国家的经济和社会制度，以及生态条件都有很大差异。每个国家必须制订出自己的具体政策。然而，尽管有这些差异，可持续性应看作是一个全球目标，是各国制定环境与发展政策的原则基础，一些主要的目标在各国都是一致的。

一、消除贫困与恢复增长

如前所述，发展的可持续性应致力于解决那些生活在绝对贫困中的许多人的问题，起码应满足他们最基本的需要。贫困既违反资源可持续利用中“满足需要”的概念；又导致对资源利用上的短期行为，加重资源与环境限制；同时也是最大的不平等。因此资源可持续利用的第一个目标应是消除贫困。

1．发展中国家

绝对贫困多发生在发展中国家，一些国家近 10 年来的经济萧条又加重了这种绝对贫困。消除绝对贫困的一个必要条件(但不是惟一条件)是比较迅速地提高第三世界的人均收入，为此，必须扭转一些国家近 10 年来增长停滞和倒退的趋势。消除绝对贫困也需要调整国民收入的再分配方式，从最富有者那里的收入中再分配一部分给贫困者，也是消除绝对贫困的一条途径。但在多数情况下，再分配政策的调整只能在收入增加的情况下才能实现，因此调整再分配的前提也是提高人均收入水平。可见恢复增长是消除贫困的关键。

绝对贫困线的标准是，收入水平低至个人或家庭无力购买日常生活必需品的水平。就世界上发展中国家总的情况来看，要把贫困率从 50%降到 10%，若人均年收入增长为 3%，需要 18—24 年；若人均年收入增长为 2%，需要 26—36 年；若人均年收入增长为 1%，则需要 51—70 年。因此，若要尽快消除贫困，使世界在 21 世纪能真正走上可持续发展的道路，就有必要把目标定在人均国民收入至少增长 3%的最低限度，并强有力地调整再分配政策。再考虑人口增长率的影响，要求亚洲发展中国家国民收入每年增长 5%，拉丁美洲 5.5%，非洲 6%。目前亚洲多数国家，包括中国和印度这两个最大的发展中国家，都可以达到 5%以上的年增长率。拉丁美洲国家在 20 世纪 60 年代和 20 世纪 70 年代也达到约 5%的年增长率，略低于要求达到的水平；但主要由于债务危机，20 世纪 80 年代后增长几乎停顿，2/3 的国家人均收入下降。发展中国家必须恢复增长，因为这是对经济发展、减轻贫困和改善环境状况发挥最直接作用的关键环节。

2．工业化国家与世界经济

然而，发展中国家是世界经济的一部分，与其他部分是相互依赖的，因此它们的繁荣也取决于工业化经济增长的水平和形式。国际金融机构认为，如果工业化国家要在促进世界经济中发挥作用，其必要的最低增长率应为 3%—4%。如果工业化国家能在减少原料密集和能源密集的活动方面以及在提高原料和能源的效率方面继续目前的转变的话，这样的增长速度从环境上讲是能够持续的。工业化国家可以而且应该为振兴世界经济作出贡献。

由于工业化国家将使用较少的原料和能源，因此他们为发展中国家提供的商品和矿物市场趋于减少，这显然会影响发展中国家的经济增长。但另一方面，如果发展中国家集中力量消除贫困和满足人类基本的需要，那么国内对农产品、工业品和服务的需求将增加，国内市场趋向扩大。所以，可持续发展意味着增加对第三世界的内部刺激以促进经济增长。

尽管如此，许多发展中国家内的市场是很小的。即使国内市场较大的发展中国家，例如中国，也有必要加速出口，特别是非传统商品的出口，从而给进口提供资金。这种进口对迅速发展和促进增长是十分必要的。因此，为了促进可持续发展，有必要调整国际经济关系。“南南合作”、“南北对话”就是这种调整的反映。

二、改变增长的质量

以上指出经济增长是资源的可持续利用的关键，但可持续发展包括比增长更多的内容，它要求改变增长的性质，降低原料和能源的密集程度，以及更公平地分配发展所带来的利益，各国都需要把这些改变当作贯彻可持续发展原则的部分措施，以保持自然资源的储备、改进收入分配和减少经济危机的脆弱性。

1. 保持自然资源储备

保持经济发展所必须的自然资源储备，是持续的经济发展过程的基础。但在迄今的经济增长机制中，无论是发达国家或发展中国家都很少做到这一点。例如，按照惯例，木材价格减去采伐费用所余全部成了林业收入，很少将树木重新生长起来的代价计算进去，更没有把森林退化所产生的环境损失计算在内。自然资源储备只有损耗、没有补充。在开发其他自然资源方面也有类似情况，特别是企业或国家账目上没有统计的资源，如空气、水和土壤。这就使可更新自然资源储备也呈减少趋势，这样的增长是不能持续的。因此，所有的国家，无论富国或穷国，在经济发展中必须在发展增加量中拿出一部分来弥补自然资源储备的减少量。

2. 改善收入分配

收入分配问题是衡量发展质量的一个重要方面。发展迅速但分配不合理，可能还不如发展缓慢但分配有利于穷人。古人有“不患寡，患不均”之说，就含有这种意思。例如，在许多发展中国家里，所谓“绿色革命”的结果是：大规模商品农业推广开来，使产量和收入迅速增加；但也可能剥夺大批小农的生计，并使收入分配更加不公平。从长远看，这样的道路是不能持续的。因为它使农业过度商品化（这在发达国家没有问题），使自给自足农民贫困化，从而增加对自然资源基础的压力。相反，更多地依靠小农户的耕作，发展可能较慢，但容易长期维持。

3. 减少增长的脆弱性

经济发展过程中难免会遭遇各种危机，例如自然灾害、市场波动、经济低谷。如果对付这些危机的能力十分脆弱，那么这样的经济发展就不可能是持续的。例如干旱可能迫使农民屠杀将来生产所需的牲畜，价格下跌可能造成农民或其他生产者过度开发自然资源以维持收入，这些都会危害今后的增长和发展。但采用风险较小的生产技术（如机械代替畜力），造成较能灵活地适应市场波动的经济结构和产品结构，增加储备特别是粮食和外汇的储备，就可以减少脆弱性。把增长与减少脆弱性联系起来的发展道路，比之两者互不联系的道路，显然更具有可持续性。

4. 提高人的素质

为了改进增长的质量，单纯加强经济因素方面的作用是不够的，增长的质量中很大程度上还取决于人的素质。

必须使贫困的人们摆脱无能为力的境地。消除贫困，并不是单纯给钱给物质，更重要的是帮助他们提高脱贫致富的能力。好比治贫血病人，与其输血，不如提高造血机能。因此，改进增长质量包括改进贫困地区和贫困人群取得经济增长的能力。

可持续性要求人们对需求和福利的观点也要有所改进，即不仅包括基本的、物质的和经济上的需求，也应包括人们自身的教育和健康、清洁的空气和水，以及保护自然美等这样一些非经济因素。

改变增长质量还要求人们改变思考方法，要将增长所涉及的全部因素和影响考虑在内。例如，不应把水力发电项目仅仅看成生产更多电能，还应考虑它对当地环境和社会的影响。由于一项水利工程会破坏稀有的生态系统，放弃这个项目可能是进步的措施，而不是发展的倒退。为了环境保护利益而放弃经济增长的利益的一个典型例子，是印度放弃了萨伦河谷的水力发电工程。因此，在某些情况下，可持续性的考虑包括否决一些短期内在财政上吸引人的作法。我国三峡工程的上马，也是综合考虑了各种因素和影响，考虑了近期和长期的利益而决定的。

三、满足人类基本需要

满足人类需求是资源可持续利用的核心概念，也是生产活动和经济增长的目的，因此在资源的可持续利用的主要目标上必须再强调它的中心作用。前面已提到，有两种极端倾向值得注意，一是贫穷的人们生存和福利的需求得不到满足；另一端则是富人的过度消费带来重大资源与环境后果。所以首要的任务是满足发展中世界不断膨胀着的人口的需求。

1. 就业

就业是所有需求中最基本的，因为它是谋生之道。现在每年必须为 6 000 万发展中国家新增的劳动力提供就业机会，也就是生活机会。经济发展的速度和方式，必须保证创造出持续的就业机会。

2. 食物

不仅需要养活更多的人口，而且要改变营养不良状况，因此需要更多的食物，以提供人生存必需的热量和蛋白质。热量的基本来源是粮食作物，蛋白质则来源于肉、蛋、奶、豆类和油菜籽。按 FAO 的预测，按目前的人口增长和改善营养的要求，非洲每年需要增长 5% 的热量和 5.8% 的蛋白质，拉丁美洲分别是 3.4% 和 4.0%，亚洲为 3.5% 和 4.5%。在非洲，此任务特别艰巨，目前人均粮食产量不仅不能增加，而且还在下降，发展受到制约。在亚洲和拉丁美洲，似乎可以较快地达到所需的热量和蛋白质消费的增长率。但是，粮食生产的增长不应以生态环境的退化为代价，也不应危害食物保障的长期前景。

3. 能源

这是人类另一个基本需要。按目前的能源消费方式，这个需要不可能全部满足。最紧迫的问题是贫穷的第三世界家庭的需求，他们的主要能源是薪柴。预计世纪之交时，约

有30亿人将生活在采伐速度超过树木生长速度的地区，或薪柴奇缺的地区。这不仅威胁着世界上过半数的人口的基本需求，也威胁着森林植被。在大多数发展中国家，能源需求只限于烹饪食物所用的燃料，这只相当于工业化国家家庭能源消费的一小部分。

4. 住房、供水、卫生设施和医疗保健

这些相互关联的基本需要对环境是十分重要的，这些方面的缺乏往往是明显的环境压力的反映。在第三世界，不能满足这些基本的需要是造成许多传染病，如疟疾、肠胃病、霍乱和伤寒的主要原因之一。人口增长和向城市迁移很可能使这些问题恶化。必须制定对策，找出方法。

四、稳定人口数量

发展的可持续性与人口增长的动态密切相关。不过这个问题不单纯是全球人口数量的问题，也涉及人均资源消费量。一个出生在物质和能源使用水平很高的国家的孩子，对地球资源的压力要大于一个出生在较穷国家的孩子。各国内部各地区之间、各阶层之间也有这种区别。然而，问题主要还是人口数量。如果人口数量稳定在与生态系统生产力一致的水平上，那么就比较容易实现可持续发展。

1. 工业化国家状况

人口总增长率在1%以下，有些国家已达到或正接近零增长率。工业化国家人口总数在2025年时将由现在的12亿增到约14亿。工业化国家中出生率下降主要是由于经济和社会的发展。收入的增加、城市化水平的提高、妇女地位的改变都起着重要作用。此外也同社会福利、教育程度等有关。

2. 发展中国家状况

预测2025年世界人口总数将达82亿，全球所增加的人口大部分发生在发展中国家，将增至68亿。第三世界没有向"新大陆"移民的选择，供其调整的时间也大大少于工业化国家。因而，目前的挑战性任务就是要快速降低人口增长率，特别是在那些人口增长率仍在上升的地区，如非洲。导致工业化国家出生率下降的过程也开始在一些发展中国家发生作用，人口政策应与其他经济和社会发展规划——如妇女的教育与就业、医疗保健、消除贫困等——相结合。但总的来说，发展中国家已没有多少时间，它们来不及等到工业化国家那种出生率下降的过程充分起作用，不得不采用直接措施来减少生育率，以避免人口数量超过可以维持人口生存的生产潜力。例如我国的计划生育政策，虽知有不少弊病，但是不得以而为之。

除人口数量外，发展中国家的人口负担还表现在人口城市化方面。联合国国际经济和社会事务部预测，21世纪头10年，大多数发展中国家农村人口绝对数将开始下降，而城市人口将大大增加，预计新增人口的90%集中在城市地区。城市人口的增长速度已超出了政府当局应付的能力。住房、供水、卫生设施和公共交通的短缺到处可见。城市化是发展过程的一部分，因此问题是不可避免的，挑战性的任务在于管理好这个过程，以免生

活质量的严重退化。

五、保护和加强资源基础

如要持续地满足人类需要，必须保护和加强地球自然资源基础。自然资源保护不仅仅是为了实现可持续发展的需要，也是我们对其他物种和子孙后代在道义上要担当的义务。保护和加强资源基础的原则包括：

1. 政策上扩大人们的选择

当人们别无选择时，对资源的压力趋于增大。例如贫困地区的过度采伐、过度开垦、掠夺矿产等等。发展政策必须扩大人们的选择去争得一种持续的生计，对于那些资金贫乏的家庭以及处于生态压力下的地区尤其应该如此。例如在山区，可将经济利益与生态效益结合起来，帮助农民把粮食作物改为经济林木，同时为他们提供咨询、设备、服务、销售等方面的支持。又如可在政策上保护农民、渔民、牧民、林业人员的收入不受短期价格下跌的影响，以减少他们对资源的过度开采。

2. 可再生资源的年减少量不得超过其再生量

这些包括表土、鱼群和森林等。必须控制土壤侵蚀，土地利用必须以对土地潜力的科学评价为基础。要制止渔业和森林资源的过度开采，要保护遗传的多样性。

3. 提高农业产量和质量

提高生产力可部分缓解对土地的压力。但是，只顾当前短期生产力的提高，可能会造成各种各样的生态问题，例如丧失现有作物的遗传多样性，灌溉土地的盐碱化，地下水遭硝酸盐（化肥）污染，食物中残留农药等。现在已有一些对生态无害的替代方式。今后，无论是发达国家还是发展中国家，提高农业生产的同时，应更好地控制对农业资源的污染和损害，更广泛地使用有机肥和非化学方法治虫，减少水和农业化学品的使用。

4. 人工促进资源更新和鼓励使用替代品

对某些可更新资源，如海洋、渔业和森林资源，人类基本上是在依赖开发天然的贮备。而从这种天然贮备中能取得的持续产量很可能不能满足需求，因而有必要使用那些在人为控制和促进下能生产更多鱼、薪柴和森林产品的方法，鼓励使用薪柴的替代物（如沼气）。

5. 节约并有效地利用能源

化石燃料的固定储量和不可更新性，以及生物圈在吸收能源消耗副产品（余热、温室气体污染等）的容量，很可能决定全球发展的极限，而且达到这种限度比达到其他资源所构成的限度要快得多。首先是供给问题，化石燃料的贮量日益减少，不能不影响能源供给的可持续性。其次是环境影响问题，最引人注目的是酸性沉降和温室气体积聚而造成的全球变暖、海平面上升等。

增加使用可再生能源可以解决一些这类问题，但开发可再生能源，如薪柴和水力，也可引起生态问题。开发恒定性能源，如太阳能和原子能，前者在技术上成本还太高，后者则有风险。因此，可持续性需明确地强调节约和有效地使用能源。

工业化国家必须承认它们的能源高消耗正污染着生物圈，吞噬着稀缺的化石燃料供应。近年来能源效率的提高，产业向能源使用较不密集的部分转移，有助于限制消耗。但必须加快减少人均耗能的进程，并鼓励向无污染能源和无污染技术转移。

发展中国家要注意不要照搬工业化国家的能源使用方式，这既不可行也不理想。为更好地改进能源利用方式，需要在产业结构、工业布局、住房设计、运输系统，以及工农业技术的选择等方面实行新的政策。

6. 矿物原料的循环利用、替代品和提高利用率

矿物原料资源构成的问题似乎较小。技术发展的历史也说明工业可对短缺量加以调整，主要是通过提高利用率、再循环和替代品。更紧迫的任务是改变世界矿物贸易方式，使资源出口者获得更多利益；同时，随着发展中国家对矿物需求量的增加，应提高对它们的矿物供应量。

7. 防止和减少污染

防止和减少空气和水的污染仍将是资源保护的一个重要任务。现代社会的污染不仅来自工业和城市，也来自农业，主要是化肥和农药。污染问题在发展中国家更为严重，一是因为其工业结构，承袭了工业化国家污染工业的转移；二是因为其技术水平较低；三是因为人口压力迫使超量使用化肥农药提高粮食产量。先污染后治理是耗资昂贵的解决办法。因而，应预见这些污染问题，制定防止和减少的对策。

六、改进技术并控制其危险

完成所有这些任务需要改变技术的发展方向，这是人类与自然之间的关键环节。现在的问题是对第三世界的需要和环境负作用的重视不够，为此应采取以下措施。

1. 加强发展中国家技术革新的能力

技术革新的能力在发展中国家需要大大加强，使它们能更有效地对资源的可持续利用的挑战作出反应。工业化国家的技术并不总适于发达国家的社会、经济和环境条件。资本密集型技术，发展中国家花费不起，也导致环境污染和资源枯竭，同时不利就业。有感于此，著名经济家舒马赫写了一本书，名为《小的是美好的》，提倡发展中国家适用的技术，即所谓“中间技术”。纵观技术发展，世界上迄今重大的研究与发展计划并没有充分重视发展中国家面临的紧迫问题，如旱地农业、热带疾病；在将新材料技术、节能技术、信息技术和生物技术的最新成果应用于发展中国家的需要方面，所做的工作尚不够。只有加强第三世界的技术研究、设计、开发和推广，才能增强资源可持续利用的能力。

2. 改变技术发展方向

要改变技术发展方向，使其对环境因素给予更大注意。技术进步有利于人类的一面，常常也带来对自然的破坏。如化石燃料和核能的使用。迄今的技术发展方向基本上只注意了前者，而未给后者充分重视。因此，在所有国家，今后开发新技术、更新传统技术、选择并采纳进口技术的过程中应了解其对资源与环境方面的影响。同时，也要注意开发、更新、引入环境治理技术，如改善空气质量、污水处理、废物处置等技术。对重大的自然系统工程也要同样对待，如河流改道、森林砍伐、屯垦计划。

七、在决策中协调环境和经济的关系

贯穿资源可持续利用战略的共同主题，是需要在决策中将经济和生态结合起来考虑。实际上，现实世界中经济与生态的运转是结合在一起的。一方面经济效益与生态效益并不一定是对立的，例如保护农田质量和保护森林的政策虽然主要从生态效益着眼，但也改善了农业发展的长远前景，具有长期经济效益。提高能源的原材料的利用效率既符合生态目的，又能降低成本。

但另一方面又常常发生经济追求与生态目的冲突的事，究其原因，可以举出下列各种：一是个人、部门或集团、地区只追求自己的利益而不顾对他人的影响；二是追求短期利益而不顾长远后果；三是体制和机构的僵化使决策分散，无综合平衡；等等。因此，为了在决策中协调环境与经济的关系，至少应从以下几方面入手：

1. 克服部门间职责分割的现象

各部门间客观上存在经济与生态的联系，如农业是工业原料的来源，工业为农业提供技术、装备、物资，又带来环境影响；矿产工业为加工工业提供原料能源，等等。应把这种联系反映在决策过程中。但各部门只追求其本部门的利益和目标，将对其他部门的影响作为副作用来处理，只有在迫不得已的情况下才去考虑。例如，政府常为经济部门支配，很容易专心于能源、工业发展、农牧业生产或外贸，而对森林减少的影响很少感到忧虑。我们面临的许多环境与发展问题都根源于这种部门间职责的分割，资源的可持续利用要求人们克服这种分割。

2. 改革法律和组织机构，以强调公共利益

按目前的法律和组织机构，负责公共利益的部分发言权是很小的。应该看到，健康的环境对所有人类，包括子孙后代都是至关重要的，这是对法律和组织结构进行一些必要改革的出发点。

3. 公众参与决策

单靠法律和有关机构还不能加强公共利益，公共利益需要社会的了解和支持，需要公众更多地参与影响环境的决策过程。包括：①把资源管理权下放给依赖这些资源生存的地方社会；②鼓励公民的主动性，给非政府组织（NGO）以权力，加强地方民主；③公开并

提供有关信息，为公众讨论提供材料；④环境影响特大的工程，要强制进行公众审议，如有可能可进行公民投票。

4. 国际的协调一致

各国对燃料和材料需求的增长，说明不同国家生态系统之间的直接物质联系将增加；通过贸易、财政、投资和旅游进行的经济相互作用也将增强，并加重经济和生态的相互依赖。因此，资源的可持续利用要求在国际关系中实现经济和生态的统一。各国把经济和生态因素统一到法律和决策体系中的做法，在国际上必须协调一致。

第三节　结论

从广义来说，资源可持续利用的战略旨在促进人类之间、人类与自然之间的和谐。在当代发展与环境危机（目前国家和国际政治与经济组织尚未解决，或许不能解决这些危机）的具体条件下，寻求资源可持续利用的要求是：

①保证公众有效地参与决策的政治体系；

②在自力性和可持续性基础上能够产生充裕的物质财富和科学技术的经济体系；

③为不协调发展的紧张局面提供解决办法的社会体系；

④尊重保护发展之生态基础的义务的生产体系；

⑤不断寻求新的解决方法的技术体系；

⑥促进贸易和金融可持续性模式的国际（关系）体系；

⑦具有自身调整能力的灵活的管理体系。

这些要求更多地体现在目标的性质上，应在国家和国际发展行动中加以强调。但更重要的是追求这些目标的真诚性，和对偏离目标加以纠正的有效性，这就要求使这些目标具有可操作性。

为实现资源的可持续利用，美国著名环境学者、环境教育家 Tyler Miller 提出一套基本的可操作原理、原则和定律，可作为本书的结论。

1. 关于保护资源、防治污染和防止环境退化

资源有限性原理(principle of resource limits)：自然资源是有限的，决不允许浪费。

自然界无废物原理(no waste in nature principle)：大部分废弃物和污染物都是资源，人类应予利用，否则将贻害无穷。人类应尽可能减少废弃物和污染物的产生。

回收和再利用原则(principle of recycling and reuse)：减少污染，减少资源消耗，减少废物，对其进行回收和再利用。

回收并非最终答案原则(recycling is not the ultimate answer principle)：因为回收资源要消耗能源，会再次引起环境污染和退化。

就地解决原则(principle of localism)：为了减少资源浪费和保证资源的可持续供给，应尽可能就地满足需要，也应尽可能就地处置和回收废物。

适度原则(principle of moderation)：为减少污染、减少资源消耗和减少废物，在利用资源时应考虑迫切的需求，以使对资源的利用达最高效率。

可持续生产原则(principle of sustainable yield):强调对可再生资源的永续性利用,利用可再生资源的速度不得超过该资源的自然再生速度。

资源多样性原则(principle of resource diversity):应从众多来源获取资源。

2. 关于物质和能量

物质不灭定律(law of conservation of matter):我们不能创造或消灭物质,我们只能将物质由一种形态改变为另一种形态。我们扔掉的任何物质都将永远以某一种形式与我们共处。

优质原理(principle of matter quality):人类通常只利用高质量的物质,用合算的代价对其进行开发、加工,并转化为有用产品;人们一般不会利用低质量的、要花昂贵代价才能转化为有用产品的物质。

可承受的回收原则(principle of affordable recycling):不要对废弃物进行稀释,也不要将有用产品与可回收的废物混合在一起。

热力学第一定律即能量守衡定律(first law of energy, or law of energy conservation):我们不能创造或消灭能量,我们只能将能量由一种形态改变为另一种形态。能量不能无中生有,只有消耗能量才能得到能量。

优能原理(principle of energy quality):人们通常只利用优质的、有广泛用途的能量;人们一般不会利用低质的、代价昂贵的能量。

热力学第二定律即能量退化定律(second law of energy, or law of energy quality degradation):在能量由一种形态向另一种形态转化时,高质量的有用能通常退化为低质量的无用能。低质量的能不可能再被回收和转化为高质量的能。

优能优用原则(principle of matching energy quality to energy tasks):不要使用高质量的能去做使用低质量的能可以完成的事,杀鸡不用牛刀。

3. 生态学

生态学第一定律即生态反冲原理(first law of ecology, or principle of ecological backlash):在自然界中人们所做的每一件事都会产生一定的后果。

生态学第二定律即生态关联原理(second law of ecology, or principle of ecological interrelatedness):自然界的每一件事物都与其他事物相联系,人类的全部活动亦处于这种联系之中。

生态学第三定律即化学上不干扰原则(third law of ecology, or principle of chemical non interference):人类产生的任何化学物质都不应干扰地球上的自然生物地球化学循环,否则地球上的生命支持系统将不可避免地退化。

限制原理(law of limits):地球生命支持系统能够承受一定的压力,但其承受力是有限度的。

容限原理(principle of tolerance range):每一个物种和每一个生物个体只能在一定的环境条件范围内存活。

承载力原理(principle of carrying capacity):在自然界中,没有哪一物种的数量能够无限地增多。

复杂性原理(principle of complexity):自然界不仅比我们所知的复杂,而且比我们所能想像的复杂。

4. 经济学

外部成本内化原则(principle of internalizing all external cost):任何事物的市场价格都应该包括现在和未来对环境所造成的污染、退化,应包括对社会所产生的其他有害影响和造成的损失。

高效高产原则(principle of increasing efficiency and productivity):应以尽可能少的资源投入获得尽可能多的产出。

"经济癌症"原理(principle of economic cancer):某些经济增长形态是有害的,不允许制造有害产品。

效率浪费原理(principle of wasteful efficiency):花费资源生产有害产品,效率越高,浪费越大。

"无免费午餐"原理(no free lunch principle):目光短浅的行为必将引起长期的环境和经济灾难;绝不允许浪费资源去损害未来。

"过度消费报应"原理(principle of over-consumption and thing tyranny):你向自然界掠取得越多,自然界对你的报复也越多。

经济-生态明智原则(principle of economic and ecological wisdom):对有害产品的生产,决不要给予津贴或免税优惠;要教育人们不要浪费资源;应该取消所有资源补贴;只应该奖励可减少资源消耗、能减少环境污染、能防止环境退化的生产者。

"经济与地球物质相关"原理(economics as if the earth mattered principle):在病态环境中不可能有健全的经济。

5. 政治学

预防原则或输入控制原则(prevention, or input control principle):对环境问题事先预防比事后处理要便宜得多和有效得多;花费一单位力量作预防的效果等于花费十单位力量进行处理。

坏事可变好事原理(bad news can be good news principle):任何危机都是一次改变的机会。

真保护原则(principle of true conservatism):如果你不想真保护地球,就不要称呼你自己为保护主义者。

6. 世界观与伦理

一体化原理(principle of oneness):人类是自然界的一部分。

同等价值原理(principle of humility):人类是有价值的物种,但不是驾临于其他物种之上的超级物种;所有生命——人类和非人类,天生地具有同等价值。

尊重自然原则(respect for nature principle):任何生命都有生存的权利,至少有求生存的权利,因为他们是生命。这种权利并不取决于他们是否对人类有实际的或潜在的价值。

合作原则(principle of cooperation):人类的作用是认识自然,与自然协同共处,而不是

战胜自然。

可持续性原则和生态中心原则(principle of sustainability and eco-centrism):做任何有利于维护人类和其他物种赖以生存的地球生命支持系统的事都是正确的,反之就是错误的。维护好地球是基础之基础,是大事中的大事。

保护野生生物和生物多样性原则(preservation of wildlife and bio-diversity):凡有可能引起野生生物物种永久灭绝和野生生物栖息地消失或退化的事都是错误的。

自卫原则(principle of self defense):在有害生物和危险生物面前,人类有权保护自己。但是这种保护仅仅是当人类暴露在这些生物面前,且其安全受到威胁的时候。人类在保护自己时,应尽可能地减小对对方生物的伤害。

生存原则(principle of survival):为了提供足够的食物以维持人类的生存和健康,人类可以宰杀其他生物,但这仅仅是对人类的基本生活条件和基本健康需求而言。在这方面,人类无权有非基本的和奢侈的需求。

最小错误原则(principle of minimum wrong):当人们为满足自己的基本和非基本需要而改造自然时,人类应选用对其他生物伤害程度最小的方法。当不得已时,至多伤害某些生物个体,而不要伤害物种,更不要伤害生物群落。

"经济并非一切"原则(economics is not everything principle):只考虑人和其他生物的经济价值的观点是错误的。

义务原则(rights of the born principle):当我们告别地球时,应使她处于我们所知的最好状态。

负责原则(responsihility principle):所有人都应该对他们所造成的污染和环境退化问题负责。

知足原则(principle of enoughness):任何个人、团体或国家无权滥用地球的有限资源。人类不要为满足需求而贪得无厌。

生态系统保护和修复原则(principle of ecosystem protection and healing):人类必须保护地球上残存的天然生态系统,使其免遭人类活动的进一步破坏。应该整治和恢复已遭人类破坏的生态系统;持续地利用自然生态系统;应该使已被我们占据和毁坏的各类生态系统尽可能恢复到天然状态。

"伦理高于法律"原则(ethics often exceeds legality principle):在保护和维持大自然的过程中,衷心热爱自然比守法更重要。

"生育控制优于死亡控制"原则(birth control is better than death control principle):为了防止人类和其他生物的消亡,人类必须首先控制自身的生育;阻止人类过度繁殖比阻止人类和其他生物的消亡更为重要。

"尊重人类的根"或"地球第一"原则(respect your roots, or earth first principle):人类自身及人类已经拥有和将要拥有的一切都来源于太阳和地球。没有人类,地球照样运转;但如果没有地球,人类的一切都将停止。地球枯竭了,经济也必将枯竭。

使地球收支平衡原则(balanced earth budget principle):人类不应做任何有损于地球物理、化学和生物过程的事,因为所有这些过程都维持着人类的生命和社会经济活动。地球遭受损失是最大的损失。

热爱和保护物种原则(principle of species love and protection):像爱护自己一样爱护

今天的和未来的生物物种。

"直接经历是最好的老师"原则(direct experience is the best teacher principle):认识和珍爱地球和你自己,去直接感受空气、水、土壤、植物、动物、细菌和地球。只从书本上和电视上间接地学习地球是不够的。

"热爱你的邻居"原则(love your neighborhood principle):热爱你居住的环境,向它学习,在你居住的地方文明地生活。

参 考 文 献

阿兰·兰德尔,1989,资源经济学,商务印书馆,北京
巴巴拉·沃德、雷内·杜博斯,1976,只有一个地球,石油化学工业出版社,北京
贝尔纳,1986,科学的社会功能,商务印书馆,北京
陈敏象,1988,人类生态学——一种面向未来世界的文化,上海交通大学出版社,上海
陈之荣,1993,人类圈与全球变化,地球科学进展,8(3)
封志明、王勤学,1994,资源科学论纲,地震出版社,北京
格林伍德,N.J.,爱德华兹,J.M.B.(刘之光等译),1987,人类环境与自然系统(第二版),化学工业出版社,北京
胡鞍钢、王毅,1989,生存与发展,科学出版社,北京
黄文秀,1998,农业自然资源,科学出版社,北京
冀建中,1992,自然资源保护的哲学思考,北京大学学报(哲社版),(1)
金德尔伯格,P.,1986,经济发展,上海译文出版社,上海
金鉴明、王礼嫱、薛达元,1991,自然保护概论,中国环境科学出版社,北京
克拉克,C.W.(周勤学等译),1984,数学生物经济学——新资源的最优管理,农业出版社,北京
克朗,R.M.,1985,系统分析和政策科学,商务印书馆,北京
李金昌,1992,关于自然资源的几个问题,自然资源学报,7(3)
励以宁、章铮,1996,环境经济学,中国计划出版社,北京
连亦同,1987,自然资源评价利用概论,中国人民大学出版社,北京
刘纪元,1996,中国资源环境遥感宏观调查与动态研究,中国科学技术出版社,北京
刘胤汉,1988,自然资源学概论,陕西人民出版社,西安
鲁滨逊,H.,1988,人口与资源,高等教育出版社,北京
陆亚洲,1994,我国自然资源利用现状和对策,自然资源,(6)
马传栋,1996,资源生态经济学,山东人民出版社,济南
美国环境质量委员会,1984,公元2000年全球研究,科学技术文献出版社,北京
倪绍祥,1999,土地类型与土地评价概论(第二版),高等教育出版社,北京
牛文元,1989,自然资源开发原理,河南大学出版社,开封
普罗库丁,V.A.等(顾春霄等译),1987,自然资源的合理利用和环境保护,中国环境科学出版社,北京
普洛格,F.,D.G.贝茨,1988,文化演进与人类行为,辽宁人民出版社,沈阳
申仲英,1983,系统中的结构与功能,哲学研究,(2)
沈小峰等,1986,论物质系统的结构与功能,大自然探索,(2)
宋瑞祥,1997,中国矿产资源报告,地质出版社,北京
王发曾,1991,人类生态学辨析,地球科学进展,6(3)
王松霈,1992,自然资源利用与生态经济系统,中国环境科学出版社,北京
沃纳·西奇尔、彼得·埃克斯坦,1984,宏观经济学·基本经济学概念,中国对外经济贸易出版社,北京
吴传钧,1991,论地理学的研究核心——人地关系地域系统,经济地理,(3)
肖平,1994,对自然资源的再思考,自然资源学报,(3)
叶平,1991,人与自然:西方生态伦理学研究概述,自然辩证法研究,7(11)
叶平,1993,人与自然:生态伦理学的基础和取向,自然辩证法研究,9(1)

余谋昌,1986,当代社会与环境科学,辽宁人民出版社,沈阳
余谋昌,1994,走出人类中心主义,自然辩证法研究,10(7)
郑友揆等,1990,旧中国的资源委员会——史实与评价,上海社会科学院出版社,上海
中国大百科全书编委员,1998,中国大百科全书·经济学卷,中国大百科全书出版社,北京中国环境与发展国际合作委员会,1997,中国自然资源定价研究,中国环境科学出版社,北京
中国科学院国情分析研究小组,1992,开源与节约——中国自然资源与人力资源的潜力与对策,科学出版社,北京
中国自然资源研究会,1985,自然资源研究的理论和方法,科学出版社,北京
Barlowe, R. ,1978, Land Resource Economics——The Economics of Real Estate, 3rd ed. Prentice Hall Inc.
Barrows, H.H. , 1923, Geography as human ecology, Annals of the Association of American Geographers, 13: 1—14
Conway, G.R. , 1985, Agro-ecosystem analysis, Agricultural Administration, 20,31—55
Costanza, R. *et al*. 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital, Nature, 387, 15 May
Cutter, Susan L. and Renwick, William H. , 1999, Exploration Conservation Preservation: A Geographical Perspective on Natural Resource Use, John Wiley & Sons, Inc.
Faugeres, L. ,1990,资源问题的历史、现状和未来,地理译报,(2)
Haggett, P. , 1983, Geography——A Modern Synthesis, Happer & Row Publishers
Johnston, R.J. , 1983, Resources analysis, resources management and the integration of human and physical geography, Progress in Physical Geography, (7)
Kates, R.W. and Burton, I. , 1986, Geography, Resources, and Environment, Volume I: Selected Writings of Gilbert F. White, The University of Chicago Press, Chicago and London
Kates, R.W. and Burton, I. , 1986, Geography, Resources, and Environment, Volume II: Themes from the work of Gilbert E. White, The University of Chicago Press, Chicago and London
Marsh, G. , 1864, Man and Nature: or Physical Geography as Modified by Human Action, Charles Scribner, New York (Reprinted in 1965 by Harvard University Press.)
Meadows, D.H. , Meadows, D.L. , Randers, J. and W.W. Behrens, 1972, The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. A Potomac Associates Book, Universe Books, New York
Miller Jr. , G.T. , 1990, Resource Conservation and Management, Wadsworth Publishing Company
Mitchell, B. , 1989, Geography and Resource Analysis, 2nd ed. Longman Scientific & Technical
Mitchell, B. ,1997, Resource and Environmental Management, Longman
Odell, P.R. and Rosing, K.E. , 1983, The Future of Oil, 2nd rev. edn. , London, Kogan Page; New York, Nichols
Odell, P.R. , 1988, Draining the World of Energy, Eurices Paper No. 88—93, Centre for International Energy Study, Erasmus University, Rotterdam
Pierce, J.T. , 1990, The Food Resource, Longman Scentific & Technical
Rees, J. , 1990, Natural Resources——Allocation, Economics and Policy, 2nd ed. London: Routeledge
Pearse, P.H. ,1992,自然资源紧缺与持续发展的含义,地理译报,(2)
Repetto, R. , Magrath, W. , Wells, M. , Beer, C. and Rossini, F. , 1989, Wasting Assets: Natural Resources in the Natural Income Accounts, World Resources Institute, New York
Saigo, C. , 1990, Environment Science——A Global Concern, Wm.C. Brown Publishers
Simon, J.L. , 1981, The Ultimate Resource, Princeton University Press

Simmons, I. G., 1982, The Ecology of Natural Resources, 2nd ed. Edward Arnold

Tilton, J. E., 1977, The Future of Non-Fuel Minerals, Washington, D. C. Brookings Institution

WCED, 1987, Our Common Future, Oxford University Press

WRI (World Resources Institute) *et al*., 1986, World Resources 1986, Oxford University Press, New York

WRI (World Resources Institute) and International Institute for Environment and Development, 1987, World Resources 1987, Basic Books Inc., New York

WRI (World Resources Institute), 1988, International Institute for Environment and Development and United Nations Environment Program, World Resources 1988 – 1989, Basic Books Inc., New York

WRI (World Resources Institute), 1990, United Nations Environment Program and United Nations Development Program, World Resources 1990—1991, Oxford University Press, New York

WRI (World Resources Institute), 1992, United Nations Environment Program and United Nations Development Program, World Resources 1992—1993, Oxford University Press, New York

WRI (World Resources Institute), 1994, United Nations Environment Program and United Nations Development Program, World Resources 1994—1995, Oxford University Press, New York

WRI (World Resources Institute), 1996, United Nations Environment Program, United Nations Development Program and The World Bank, World Resources 1996—1997, Oxford University Press, New York

Zimmermann, E. W., 1951, World Resources and Industries, rev. edn, New York, Harper